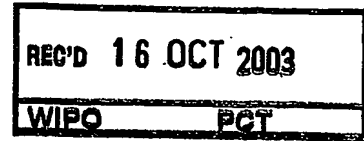


Rec'd PCT/PTO 31 JAN 2005

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 34 635.6

Anmeldetag: 29. Juli 2002

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur koordinierten
Antriebsstrangsteuerung

IPC: B 60 K, B 60 R, F 02 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 2. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Ebert

Plug-In Technologie zur koordinierten Antriebsstrangsteuerung zur flexiblen Markencharakterisierung auf Basis der CARTRONIC Systemarchitektur

EINLEITUNG

Der wachsende Wettbewerb um Marktanteile und das zunehmende Bedürfnis der Verbraucher nach Individualität führen zu einem größeren Modellangebot für zunehmend kleinere Zielgruppen. Ein unverwechselbarer Markencharakter wird dabei zu einem wesentlichen Wettbewerbsfaktor für Fahrzeughersteller.

Während die äußere Gestaltung des Fahrzeugs und die Werbung dem Konsumenten ein Image vermittelt, ist es Aufgabe der technischen Fahrzeugausführung, diesem Image auf überzeugende Weise gerecht zu werden. Angesichts der fortschreitenden technischen Evolution besteht die zentrale Herausforderung in der Differenzierung des spezifischen Markencharakters des durch wachsende Komplexität gekennzeichneten Gesamtsystems „Automobil“.

Besonders rasant ist die Entwicklung im Bereich der Elektronik, die von Forderungen nach geringerem Verbrauch und Emissionen sowie ein höheres Maß an Sicherheit und Komfort angetrieben wird. Die Funktionalität dieser elektronischen Systeme wird im wesentlichen durch embedded Software realisiert. Dadurch entsteht ein großes Potential an technischen Freiheitsgraden, welche u.a. zur Markendifferenzierung durch Software genutzt werden können. Damit einher geht aber die Gefahr erheblich zunehmender Softwarevarianten, welche schwer zu beherrschen und unter Kosten- und Qualitäts-Aspekten kritisch zu betrachten sind.

Zur Beherrschung des Spannungsfeldes zwischen zunehmender Systemkomplexität einerseits und zunehmendem Wunsch nach Markendifferenzierung andererseits entwickelt Bosch unter der Bezeichnung CARTRONIC eine modulare, übergreifende Systemarchitektur mit offenen Schnittstellen für Funktionen und deren Softwareimplementierung. Der Beitrag gibt einen Überblick über wesentliche Architekturelemente sowie deren Nutzen im Hinblick auf die Markendifferenzierung von Fahrzeugen.

BEDARF AN EINER DURCHGÄNGIGEN SYSTEMARCHITEKTUR

Der Siegeszug der Elektronik im Automobil begann ursprünglich in Form einzelner, elektronifizierter Komponenten. In den 90er Jahren wurden diese Komponenten zunehmend zu Systemen integriert; Beispiele hierfür sind elektronische Motorsteuerungs-Systeme, Bremsregelsysteme, oder auch Fahrerinformationssysteme. Betrachtet man die aktuellen Entwicklungen in der Fahrzeugelektronik [5], so ist in diesem Jahrzehnt ein Trend hin zur Vernetzung aller Fahrzeugsysteme untereinander und zunehmend auch mit der Fahrzeugumwelt zu beobachten, Bild 1.

Dieses erkennbare „Zusammenwachsen der Systeme“ bringt nun erhebliche technische und organisatorische Herausforderungen mit sich:

- Neue Fahrzeugfunktionen sind häufig nur noch im Verbund unterschiedlicher Teilsysteme realisierbar und effektiv nutzbar,
- damit wird eine funktionale Integration von Teilsystemen auch unterschiedlicher Zulieferer erforderlich,
- die Wertigkeit und der Charakter von Fahrzeugen werden zunehmend durch komplexe Softwarefunktionen bestimmt,
- Fahrzeughersteller verlangen bessere Gestaltungsmöglichkeit dieser Fahrzeugfunktionen,

- die Beherrschung der wachsenden Systemkomplexität wird für Fahrzeughersteller und Zulieferer wettbewerbsentscheidend hinsichtlich Geschwindigkeit, Kosten, und Qualität.

Zur Bewältigung dieser Aufgaben entwickelt Bosch die übergreifende, offene Systemarchitektur CARTRONIC für alle Steuerungs- und Regelungsaufgaben im Fahrzeug. Der Bedarf an einer solchen Architektur wurde schon früh erkannt [1]. Die vor über 10 Jahren vorhergesehene Elektronifizierung des Fahrzeugs ist zwischenzeitlich eingetreten, so dass nun die kontinuierlich weiterentwickelten Architekturkonzepte in zunehmendem Umfang in Serienprojekte einfließen.

Die CARTRONIC zugrundeliegende Vision gliedert das intelligente Fahrzeug der Zukunft in drei wesentliche Elemente, Bild 2:

- Intelligente Sensoren erfassen alle für den Fahrzeugbetrieb wichtigen Informationen. Hierzu gehören zum Beispiel Sensoren zur Erfassung von Bewegungsdaten wie Geschwindigkeit, Beschleunigung und Drehrate, Sensoren für fahrzeuginterne Größen wie Temperaturen und Drücke und zukünftig auch vermehrt Sensoren zur Erfassung des Fahrzeugumfelds (z.B. Ultraschall, Radar, Video).
- Intelligente Aktoren setzen die erforderlichen Stellbefehle sicher und zuverlässig um. Intelligente, elektronisch gesteuerte Aktoren sind zum Beispiel der Antriebsstrang, bestehend aus Verbrennungsmotor und Getriebe zur Erzeugung des Vortriebsmoments, elektronisch geregelte Bremssysteme zur definierten Verzögerung und Stabilisierung des Fahrzeugs, und elektronisch geregelte Lenksysteme für eine sichere und feinfühligke Spurführung. Diese Eingriffe werden künftig vermehrt „by wire“ elektronisch gesteuert und überwacht erfolgen.
- Eine Mensch-Maschine-Schnittstelle (Human-Machine-Interface, HMI) gibt dem Fahrer die für ihn in der jeweiligen Fahrsituation relevanten Informationen und erlaubt die sichere und komfortable Bedienung des Fahrzeugs über die Bedienelemente des Cockpits.

Die heutigen Fahrzeuge sind i.d.R. durch „gewachsene“ Elektronik-Strukturen mit einer Vielzahl isolierter und autarker Einzelfunktionen und Steuergeräte gekennzeichnet. Die Entwicklung war damit meist auf eine Optimierung der isolierten Einzelfunktionen und Subsysteme begrenzt, die Optimierung des Gesamtsystems gestaltet sich schwierig.

Zur Realisierung der Vision vernetzter Systeme im Fahrzeug wird daher eine durchgängige, konsistente, modulare und offene Systemarchitektur erforderlich. Ziel der CARTRONIC Systemarchitektur ist die nahtlose Integration aller Teilsysteme zur effizienteren Darstellung übergeordneter Fahrzeugfunktionen, welche ein Zusammenwirken mehrerer Teilsysteme erforderlich machen. Weitere Ziele sind Flexibilität hinsichtlich unterschiedlicher Fahrzeug- und Steuergerätekonfigurationen, einfachere Implementierung kundenspezifischer Funktionen, sowie hohe Funktionssicherheit und Wiederverwendbarkeit von entwickelten Softwarekomponenten.

ELEMENTE DER CARTRONIC SYSTEMARCHITEKTUR

Unter dem abstrakten Begriff „Architektur“ soll im folgenden sowohl die Systematik der Strukturierung des komplexen Systemverbundes als auch deren konkrete Umsetzung verstanden werden. Zur Beschreibung der „Architektur“ lassen sich unterschiedliche „Sichten“ unterscheiden, die jeweils durch eigene Beschreibungen (im Sinne unterschiedlich abstrakter bis konkreter Modelle) abgebildet werden, welche in den einzelnen Stufen eines CARTRONIC basierten Entwicklungsprozesses [11] erzeugt und umgesetzt werden, Bild 3.

CARTRONIC FUNKTIONSARCHITEKTUR

Grundlage der CARTRONIC Systemarchitektur ist eine an der Fahrzeugtopologie ausgerichtete, hierarchisch klar strukturierte Funktionsarchitektur, Bild 4. Die Funktionsarchitektur beschreibt Ordnung und Zusammenhang von logisch-modularen Funktionskomponenten: ihren Aufgaben, ihren Schnittstellen, sowie ihren Wechselwirkungen untereinander. Wesentliche Elemente der Funktionsarchitektur sind Domänen, (Sub-)Systeme, funktionale Komponenten, und Kommunikationsbeziehungen [2]. Das resultierende abstrakte Modell ist noch unabhängig von einer Implementierung mit einer speziellen Hardwaretopologie.

Die Funktionsarchitektur unterteilt das Fahrzeug in unterschiedliche „Domänen“: Fahrzeugbewegung, Antrieb, Karosserie und Innenraum, elektrische Energieversorgung, thermische Energieversorgung usw. Innerhalb jeder Domäne werden unterschiedliche Subsysteme identifiziert, die aus „funktionalen Komponenten“ bestehen, welche über Kommunikationsbeziehungen miteinander in Wechselwirkungen stehen. Der Begriff „Komponente“ meint dabei nicht zwangsläufig die physikalische Einheit im Sinne eines Bauteils, sondern eine Funktionseinheit, die sich ggf. als Subsystem in weitere funktionale Unterkomponenten zerlegen lässt.

Jedes der Subsysteme koordiniert seine Unterkomponenten selbst, die Koordination zwischen Teilsystemen übernehmen spezielle Funktionskomponenten, die als Koordinatoren bezeichnet werden.

Bei den Kommunikationsbeziehungen werden die vier Grundtypen Aufträge, Anforderungen, Rückmeldungen, und Abfragen unterschieden. Eine Anforderung ist der Wunsch zur Ausführung einer Aufgabe, während ein Auftrag mit der Pflicht zur Ausführung verbunden ist. Während ggf. mehrere unterschiedliche funktionale Komponenten ähnliche und auch konfliktäre Anforderungen stellen können (beispielsweise unterschiedliche Verbraucher ein Antriebsmoment eines Motors), erfolgt die Auftragserteilung durch genau einen Auftraggeber (z.B. einen Antriebsstrangkoordinator) an genau einen Auftragnehmer (z.B. den Verbrennungsmotor). Der Auftragnehmer gibt dem Auftraggeber gegebenenfalls eine Rückmeldung über die Ausführung.

Die CARTRONIC Funktionsarchitektur kann graphisch oder auch durch UML-Modelle abgebildet werden [7]. Unabhängig von der gewählten Beschreibungsform liefern die zugrundeliegenden Strukturierungsregeln [2] insbesondere in der Phase der Systemanalyse eine konsistente Methode zur Beherrschung der Komplexität, und erlauben die systematische Definition funktionaler Schnittstellen.

CARTRONIC-BASIERTE SOFTWARE-ARCHITEKTUR

Der nächste Schritt im Entwicklungsprozess besteht in der Umsetzung der Funktionsarchitektur in eine geeignete Software-Architektur. Die Softwarearchitektur beschreibt die Strukturen der Software des Systems, sie besteht aus Software-Komponenten, die in sich in weitere Software-Unterkomponenten unterteilt werden können. Der Funktionsumfang einer Software-Komponente muss im allgemeinen nicht zwangsläufig mit einer funktionalen Komponente nach CARTRONIC gleichgesetzt werden. Die funktionale Strukturierung von CARTRONIC Komponenten unterstützt aber ein objektbasiertes Softwaredesign.

Abbildung 5 zeigt eine produktorientierte Sicht auf eine CARTRONIC basierte Software-Architektur. Vereinfacht lassen sich folgende Elemente unterscheiden [11],

„Operation System and Specific Services“ mit Betriebssystem und spezifischen Diensten als Basis für alle Anwendungen, die auf dem Steuergerät laufen sollen;

„Basic Functionality“ bezeichnet Grundfunktionen des Steuergeräts zur Umsetzung universeller Anforderungen (z.B. Ansteuerung der Aktoren eines Verbrennungsmotors). Die Basisfunktionalitäten werden aus der CARTRONIC basierten Funktionsarchitektur ermittelt und strukturiert;

„CARTRONIC-Layer“: diese Software-Komponente führt die Koordinationsaufgaben für mehrere Basisfunktionalitäten durch und bindet PlugIns ein;

„PlugIn“: diese Software-Komponenten setzen konkrete, separierbare Aufgaben um, die über die Basisfunktionalität hinausgehen und durch die Komponente CARTRONIC Layer koordiniert werden.

In dieser Aufteilung können offene und gekapselte Schnittstellen unterschieden werden. Gekapselte Schnittstellen sind nach außen nicht freigegeben, während auf offene Schnittstellen frei zugegriffen werden kann. Die Modularität dieser CARTRONIC Softwarearchitektur unterstützt die Austauschbarkeit von Teilfunktionalitäten und ermöglicht damit ein Softwaresharing.

STEUERGERÄTE-AUFTEILUNG UND NETZWERKARCHITEKTUR

Für die Implementierung des Systemverbunds spielt die Aufteilung von Funktionen auf konkrete Steuergeräte und die Abbildung von Kommunikationsbeziehungen auf eine Netzwerktopologie eine entscheidende Rolle. Während im traditionellen Ansatz „gewachsener“ Systeme typischerweise im ersten Schritt die Aufteilung der Steuergeräte und deren Vernetzung vorgegeben wurde und sich Funktions- und Softwarearchitektur an diesen Gegebenheiten ausrichten musste, unterstützt CARTRONIC hier einen systematischen simultanen Entwicklungsprozess [11].

CARTRONIC erlaubt durch die zugrundeliegende Koordination verteilter Systeme eine flexible Systemrealisierung sowohl in dezentral verteilten als auch zentral konzentrierten Steuergeräte-Aufteilungen. Auch hinsichtlich der Verwendung spezifischer Bussysteme und Kommunikationsstandards erlaubt CARTRONIC durch Kapselung der damit verbundenen Schnittstellen eine hohe Flexibilität.

Die je nach Marktsegment und Hersteller spezifisch unterschiedlichen Topologien werden daher von CARTRONIC mit einem hohen Wiederverwendungsgrad von Funktions- und Softwarekomponenten unterstützt.

CARTRONIC-BASIERTE SCHNITTSTELLEN

Wie die vorhergehenden Ausführungen gezeigt haben, bilden klar definierte, standardisierte Schnittstellen ein Kernelement für die Bewältigung der Herausforderungen eines Systemverbundes.

Die CARTRONIC Systemarchitektur unterstützt die Erarbeitung universeller Schnittstellen. Je nach Sicht lassen sich dabei unterschiedliche Konkretisierungsformen unterscheiden, Bild 6:

- Funktionale Schnittstellen, die ausgehend von einer vereinfachten Form (Beispiel: die Momentenanforderung an den Verbrennungsmotor) in abstrakte Signalschnittstellen detailliert werden (Beispiel: die Detaillierung der Momentenanforderung in Form eines momentanen Sollmoments, einem längerfristigen Führungsmoment, und z.B. weiteren Dynamik- und Statusinformationen),
- konkrete Softwareschnittstellen innerhalb eines Steuergeräts, wobei die funktionalen Schnittstellen durch softwaretechnische Anforderungen ergänzt werden (Beispiel: die Codierung der Momentenanforderung in Form von Variablennamen, Datentypen,

Skalierungen, Amplituden- und Zeitquantisierung für momentanes Sollmoment, Führungsgröße, Dynamik- und Statusinformationen),

- sowie konkrete Signalschnittstellen auf einem Bus zwischen Steuergeräten (Beispiel: die Codierung der Momentenanforderung in Form von Signalnamen, Datentypen, Skalierungen, Amplituden- und Zeitquantisierung sowie Busadressen für momentanes Sollmoment, Führungsmoment, Dynamik- und Statusinformationen).

Ein wesentlicher Vorteil von CARTRONIC besteht darin, dass die unterschiedlichen Schnittstellenformen transparent zugeordnet und ineinander überführt werden können. Damit kann zum Zeitpunkt der Entwicklung einer Softwarefunktion eine weitgehende Unabhängigkeit der Software-Schnittstellen vom tatsächlichen Transportmechanismus der Information (innerhalb eines Steuergeräts oder über einen Bus) sichergestellt werden. Durch Kapselung spezifischer Teilsystemeigenschaften lässt sich außerdem sicherstellen, dass die Schnittstellen unabhängig von der technischen Ausführungsform der verbundenen Teilsysteme sind. Ein Beispiel bildet z.B. die CARTRONIC Momentenschnittstelle zum Verbrennungsmotor [8], welche universell sowohl für Benzin- als auch Dieselmotoren geeignet ist.

CARTRONIC ANTRIEBSSTRANGMANAGEMENT: MARKENDIFFERENZIERUNG DURCH SOFTWAREBASIERTE FAHRVERHALTENS AUSLEGUNG

Die CARTRONIC Architektur unterstützt die nahtlose funktionale Integration unterschiedlicher elektronischer Fahrzeugsysteme. Darüberhinaus erlaubt das Plug-In-Konzept die Implementierung von Softwaremodulen zur charakteristischen Auslegung des Fahrverhaltens.

Nachfolgend werden anhand einer Studie, durchgeführt bei der ASSET GmbH, die Möglichkeiten von CARTRONIC zur Markendifferenzierung erläutert. Ziel der Studie war es unter anderem, die flexiblen Gestaltungsmöglichkeiten des Plug-In-Konzepts anhand von Funktionalitäten, welche die Fahrbarkeit prägen, nachzuweisen. In einem Top-Down-Ansatz wurden Anforderungen an die Fahrbarkeit direkt in Software umgesetzt, gleichzeitig ist diese Umsetzung rückwirkungsfrei hinsichtlich der Gestaltung und Abstimmung der übrigen Systemumgebung. Darüberhinaus demonstriert die Studie die Flexibilität der Architektur hinsichtlich der Integration unterschiedlicher elektronischer Systemen.

Für die Studie wurde ein Serienfahrzeug mit 2,8l 6-Zylinder Ottomotor, einem hydraulischen 5-Stufen-Automatgetriebe und permanentem Vierradantrieb zugrundegelegt. Mit Hilfe von Rapid-Prototyping-Rechnersystemen ETAS ES1000 wurde die CARTRONIC Systemarchitektur für ein koordiniertes Antriebsstrang- und Längsbewegungsmanagement realisiert. Hierzu wurden u.a. CARTRONIC Standardschnittstellen für die BOSCH Systeme Motorsteuerung ME7, Getriebesteuerung, sowie Bremsregelsystem ESP 5.7 dargestellt. Zum Nachweis der flexiblen Erweiterbarkeit wurde das Fahrzeug ausserdem mit einem BOSCH ACC (Adaptive Cruise Control) System ausgestattet.

Abbildung 7 zeigt symbolisch die Ausstattung des Versuchsträgers. Die Motorsteuerung EMU (Engine Management Unit) ist mit den Sensoren und Aktuatoren des Motors sowie mit dem Sensor des Fahrpedalmoduls verbunden. Ferner verfügt das Fahrzeug über ein Bremsensteuergerät BMU (Brake Management Unit), eine elektronische Getriebesteuerung TMU (Transmission Management Unit) sowie ein ACC-Steuergerät, welches die Signale des Radarsensors verarbeitet. Ein CAN- (Controller Area Network) Bus verbindet die Steuergeräte untereinander.

Die Ausstattung erlaubt die flexible Konfiguration für unterschiedliche Fahrzeugcharaktere, nachfolgend exemplarisch in zwei Ausprägungen als „sportlich“ und „komfortabel“ bezeichnet. Ein Schalter im Fahrzeuginnenraum ermöglicht es dem Fahrer, zwischen diesen beiden Fahrzeugcharakteren umzuschalten. Im Unterschied zu herkömmlichen Implementie-

rungen derartiger Fahrzeugcharakteristiken, beruht die Unterscheidung nicht nur auf unterschiedlichen Parameter-Applikationen innerhalb der Einzelsysteme, es werden vielmehr auf einer übergeordneten Ebene Software-„Plug-In“-Funktionalitäten zur Anpassung des Gesamtsystemverhaltens herangezogen, welche über CARTRONIC Schnittstellen die jeweils hinsichtlich Software und Abstimmung unveränderten Einzelsysteme ansprechen.

BEISPIEL: CHARAKTERISIERUNG DES KOMFORTABLEN FAHRZEUGTYP

Um den Komfortcharakter beispielsweise einer Limousine der Premiumklasse darzustellen, wurden exemplarisch folgende Anforderungen gestellt:

Das Fahrzeug soll ein Adaptive Cruise Control (ACC) System erhalten. Dieses System ermöglicht eine Anpassung der Geschwindigkeit an eine Fahrervorgabe sowie des Abstandes an vorausfahrende Fahrzeuge, indem Antrieb und Bremse elektronisch angesteuert werden. ACC ist ein innovatives Ausstattungsmerkmal, das den Premiumcharakter unterstreicht und den Fahrkomfort erhöht.

Elektronische Bremsengriffe für ACC und andere Längsregelsysteme (wie z.B. einem Fahrgeschwindigkeitsregler mit Bremsengriff) sollen über das Bremssteuergerät (BMU, Brake Management Unit) möglich sein.

Das Fahrzeug soll sich bei der Gasannahme „weich“ anfühlen, d.h. ein ruckartiges Anfahren soll vermieden werden.

Ebenso sollen Lastwechsel „sanft“ erfolgen, d.h. die Eigendynamik des Triebstranges soll für den Fahrer unter keinen Umständen spürbar sein.

Die Getriebebeschaltung soll auf einen eher ökonomischen Betrieb ausgerichtet sein, d.h. der Motor soll vorrangig bei niedrigen Drehzahlen betrieben werden.

BEISPIEL: CHARAKTERISIERUNG DES SPORTLICHEN FAHRZEUGTYP

In diesem Fall wurden als oberstes Ziel der Fahrspaß optimiert. Entsprechend dem vorgegebenen Fahrzeugcharakter sollten Getriebe- und Motorsteuerung wie folgt ausgelegt werden:

Der Motor soll spontan Gas annehmen, d.h. die Fahrpedalinterpretation soll „scharf“ appliziert sein.

Lastwechsel sollen schnell erfolgen können, d.h. die Dämpfung zur Unterdrückung der Triebstrangdynamik ist sekundär bezüglich der Spontanität.

Der Motorbetriebspunkt soll zu Gunsten hoher Drehzahlen ausgelegt sein, damit der Fahrer jederzeit über eine möglichst hohe Leistungsreserve verfügt.

Zur Demonstration der hohen Flexibilität wird bei dieser Auslegung auf Einbindung des Komfortfeatures „ACC“ verzichtet.

UMSETZUNG MIT PLUG-IN DESIGN

Abbildung 8 zeigt die verwendete Softwarearchitektur in der Schichtenansicht:

Die oberste Schicht wird von sechs Plug-Ins gebildet, welche die charakteristischen Funktionen zur Umsetzung der Anforderungen an die zwei Fahrzeugcharaktere enthalten.

ACC Request: ein Regelkreis sorgt für die Anpassung der Geschwindigkeit oder des Abstandes. Der Regler ist typischerweise Bestandteil der ACC-Steuerung und hat eine

Beschleunigung als Stellgröße. *ACC-Request* übernimmt diese und speist sie als Anforderung in den *Vehicle Motion Coordinator* ein.

Drivers Demand comfort bzw. *sport*: ein elektronisches Fahrpedal wird in dieser Komponente ausgewertet und als Vortriebsmoment am Getriebeausgang interpretiert. Diese Funktion hat starken Einfluß auf das Fahrverhalten und damit auf den Markencharakter. Das *comfort Plug-In* enthält eine weiche Fahrpedalinterpretation, während die sportliche Variante scharf ausgelegt ist, d.h. ein hohes Drehmoment bei vergleichsweise kleinen Fahrpedalweg. Das berechnete Vortriebsmoment am Getriebeausgang wird über die Schnittstelle als Anforderung an den *Vehicle Motion Coordinator* gestellt.

Driveability: dient u.a. der Festlegung eines globalen Optimierungskriteriums, also in einem Fall „Fahrkomfort“ und in dem anderen „Sport“. Ein weiterer Bestandteil dieser Komponente sind die Komfortfunktionen zur Lastschlagfilterung, d.h. Änderungen im Sollmoment werden so gedämpft, daß kein störendes Ruckeln oder Schwingungen im Triebstrang auftreten. Diese Gradientenbegrenzung verhindert die Erregung von Triebstrangschwingungen im Bereich der Eigenfrequenzen. Über eine Schnittstelle kann dem *Vehicle Motion Coordinator* ein minimaler und maximaler Gradient des Antriebsmoments vorgegeben werden. Darüberhinaus wertet *Driveability* den Schalter aus, mit dem zwischen dem sportlichen und komfortablen Fahrzeugcharakter umgeschaltet werden kann. Als Alternative zu einem Schalter könnte hier ebenfalls eine Fahrertypenennung realisiert werden. Der ausgewählte Modus wird anschließend an den *Vehicle Coordinator* weitergeleitet. Ein weiteres Feature ermöglicht, bei Gangwechseln den Ruck durch gezielte Steuerung des Motormoments zu vermeiden, indem ein minimal und ein maximal einzuhaltendes Motormoment an *Powertrain Coordinator* übergeben werden.

Shift Strategy comfort bzw. *sport*: enthält eine Rechenvorschrift, die aus dem Sollwert für das Drehmoment am Getriebeausgang und der Fahrzeuggeschwindigkeit den Sollwert für die Getriebeübersetzung und das Motormoment bestimmt. Um die Vorgabe des Sollmoments zu erfüllen, ergibt sich bezüglich aktueller Geschwindigkeit ein Freiheitsgrad in der Wahl des Übersetzungsverhältnisses. Das Übersetzungsverhältnis wird entweder zugunsten eines ökonomischen Motorbetriebspunktes (*Shift-Strategy comfort*) oder zugunsten einer hohen Leistungsreserve (*Shift-Strategy sport*) gewählt. Sowohl der Sollwert für das Übersetzungsverhältnis als auch für das Motormoment werden an den *Coordinator Powertrain* gesendet. Darüberhinaus ist eine Funktion zur Unterdrückung von Pendelschaltungen enthalten. Über die gemeinsame Schnittstelle werden dem *Coordinator Powertrain* ein minimal bzw. maximal zulässiger Gang vorgegeben, welche bei Schaltungen einzuhalten sind.

FUNKTIONSWEISE DES CARTRONIC-LAYER

Unterhalb der Plug-Ins befindet sich das Cartronic-Layer, welches die Koordinatoren *Vehicle Coordinator*, *Vehicle Motion Coordinator* und *Powertrain Coordinator* umfaßt. Jeder Koordinator verfügt über beliebig viele Ausführungen einer klar definierten fixen Schnittstelle zur Kommunikation mit den Plug-Ins. Für jedes Plug-In, das mit einem Koordinator kommunizieren möchte, stellt dieser eine weitere Ausführung seiner Schnittstelle zur Verfügung. In diesem Fall ist z.B. *Vehicle Motion Coordinator* insgesamt mit drei Plug-Ins verbunden: *ACC Request*, *Drivers Demand* und *Driveability*. Die einheitlichen Schnittstellen ermöglichen die Darstellung eines breiten Spektrums an Funktionalität in den Plug-Ins. Während die Koordinatoren die Plug-Ins mit allen globalen Fahrzeugdaten versorgen, sind die Schnittstellen in umgekehrter Richtung - also vom Plug-In zu den Koordinatoren - dagegen vergleichsweise schmalbandig. Häufig kommt es innerhalb eines Koordinators zu Konflikten zwischen konkurrierenden Anforderungen (z.B. gleichzeitiger Vortriebswunsch von ACC und über Fahrpedal). Diese können mithilfe eines flexiblen Priorisierungsverfahrens zu Gunsten einer vorgebbaren Strategie entschieden werden. In einer applizierbaren Priorisierungstabelle wird festgelegt, welche Plug-Ins aufgerufen werden. Das Prinzip dieses Priorisierungsverfahrens wird nachfolgen am Beispiel des *Vehicle Motion Coordinator* verdeutlicht.

Mit der tiefer gelegenen Softwareschicht der *Basic Functionality* ist das Cartronic-Layer über Standard CARTRONIC-Schnittstellen verbunden. Diese Basisfunktionen verhalten sich aus Sicht des CARTRONIC-Layers wie intelligente Sensoren oder Aktuatoren. Z.B. fungiert die Komponente *Engine Management* als ein Momentensteller, *Transmission Management* setzt das befohlene Übersetzungsverhältnis um, *Brake Management* stellt die geforderte Sollbeschleunigung ein und *ACC* liefert die Daten aus Objekterkennung und ACC-Bedienteil.

EIN PRIORISIERUNGSVERFAHREN FÜR FLEXIBLE KOORDINATION

Abbildung 9 zeigt den inneren Aufbau des *Vehicle Motion Coordinator*. Über einheitliche Schnittstellen werden die Informationen der Plug-Ins in einen Puffer eingelesen. Die Schnittstelleninformation besteht jeweils aus der Identität (ID), die jedes Plug-In eindeutig kennzeichnet, sowie einen Nutzanteil (*values*), welcher die Funktionalität bestimmt. Z.B. hat *ACC Request* die ID 7 und sendet eine Beschleunigungsanforderung (*a*), *Drivers Demand sport* (ID 12) sendet ein Vortriebsmoment am Getriebeausgang (*trq*) und *Driveability* (ID 19) eine obere und unter Grenze für den Gradienten des Vortriebsmoment am Getriebeausgang ($\square trq$). Ein geeignetes Priorisierungsverfahren (*Priorization*), in diesem Fall eine lineare Priorisierung, legt die Abarbeitungsreihenfolge (*Operation Order*) der Anforderungen aus den Plug-Ins fest und teilt das Ergebnis der ausführenden Instanz (*Operation*) mit. Die Prioritäten können für jede ID in einer Priorisierungstabelle (*calibratable Priorization table*) appliziert werden. Zur Darstellung unterschiedlicher Fahrzeugcharaktere können gleichzeitig mehrere Priorisierungstabellen abgelegt sein, z.B. für „Sport“ und für „Comfort“. In diesem Fall enthält beispielsweise die Priorisierungstabelle für „Comfort“ lediglich den Aufruf des Plug-Ins *Drivers Demand comfort* (ID 23), während z.B. das Plug-In *Drivers Demand sport* (ID 12) nicht aufgerufen wird. Umgekehrt enthält die Priorisierungstabelle für einen sportlichen Fahrbetrieb nur einen Eintrag der Plug-Ins *Drivers Demand sport* (ID 12) und *Driveability* (ID 19), wobei *ACC-Request* (ID 7) gezielt nicht berücksichtigt wird. Die Auswahl der Priorisierungstabelle wird von *Vehicle Coordinator* getroffen. Die ausführende Einheit (*Operation*) ruft die Anforderungen der Plug-Ins nach Vorgabe der *Operation Order* auf und verarbeitet diese:

Im Ergebnis wird eine Sollbeschleunigung ermittelt, welche auf die Stellglieder Antrieb (Motor und Getriebe) oder Bremse verteilt wird. Im Fall einer Bremsung wird sie über die Schnittstelle zum *Brake Management* weitergeleitet. Im Antriebsfall wird die Beschleunigung mithilfe der Zugkraftgleichung in ein Sollmoment am Getriebeausgang umgerechnet, anschließend kommt es zur Koordination mit der Anforderung aus *Drivers Demand*. In der Regel setzt sich die Anforderung mit dem größeren Drehmomentenwunsch durch. In Ausnahmefällen (je nach *Priorization table*) kann es aber auch sinnvoll sein, daß zu Gunsten der Beschleunigungsanforderung des ACC entschieden wird. Z.B. erweist es sich als komfortabel, eine Bremsverzögerung nicht schlagartig zu beenden, wenn eine aktive Bremsung des ACC vorliegt und der Fahrer gleichzeitig Gas gibt, d.h. wenn der Fahrer *überreitet*. Das resultierende Sollmoment am Getriebeausgang wird anschließend an den *Vehicle Coordinator* weitergeleitet.

Der *Vehicle Coordinator* leitet das Sollmoment an den *Powertrain Coordinator* weiter und legt die Berechnungsreihenfolge aller Koordinatoren fest. Darüberhinaus sorgt er für die Umsetzung der globalen Fahrstrategie. Diese wird von *Driveability* in Form eines globalen Optimierungskriteriums („Komfort“ oder „Sport“) entsprechend der Schalterstellung bestimmt und über die gemeinsame Schnittstelle gesendet. Auf Grundlage des Optimierungskriteriums legt *Vehicle Coordinator* die zu verwendenden Priorisierungstabellen in den Koordinatoren fest.

Powertrain Coordinator setzt die Anforderung zur Realisierung eines Getriebeausgangsmoments von *Vehicle Coordinator* um. Ähnlich wie in *Coordinator Vehicle Motion* wird anhand eines Priorisierungsverfahrens die Bearbeitungsreihenfolge der Anforderungen aus den Plug-

Ins, *Shift-Strategy comfort* bzw. *sport* sowie *Driveability* bestimmt. Je nach ausgewählter Priorisierungstabelle wird nur eine der beiden Schaltstrategien über die ID aufgerufen. *Transmission Management* wird unter Berücksichtigung des minimal bzw. maximal zulässigen Gangs aus *Shift-Strategy* zur Umsetzung des Sollwerts beauftragt. Bei einem Gangwechsel wird das Motormoment nach vorgegebener unterer und oberer Grenze aus *Driveability* an die Basisfunktion *Engine* übergeben.

EINE SOFTWARE FÜR ZWEI FAHRZEUGTYPEN

Alle Anforderungen an die Charaktere „*sport*“ und „*comfort*“ konnten mit insgesamt sechs Plug-Ins erfolgreich umgesetzt werden. Mit dem Schalter im Fahrzeuginnenraum kann während der Fahrt zwischen beiden Modi umgeschaltet werden. Die Integration des ACC-Systems in der „*comfort*“-Ausprägung erfolgte ohne Änderungen in dem CARTRONIC-layer. Dies untermauert die Mächtigkeit der Schnittstellen zu den Plug-Ins und erlaubt die zukünftige Integration anderer Anwendungen wie z.B. einer situationsabhängigen Geschwindigkeitsbegrenzung oder Cruise Control mit Bremseneingriff als Alternative zu ACC. Die standardisierten Schnittstellen des CARTRONIC-Layers mit den Basisfunktionen wie z.B. *Engine* und *Transmission* ermöglicht ausserdem eine Entkopplung der Fahrfunktionen von den Aggregaten: sie ermöglichen die Verwendung der gleichen Fahrfunktionen für unterschiedliche Motortypen (Otto- und Dieselmotoren) und unterschiedliche Getriebetypen (z.B. für Stufenautomatikgetriebe und CVT).

Mit dem applizierbaren Priorisierungsverfahren werden auch dynamische Wechsel zwischen unterschiedlichen Fahrverhaltensmodi möglich, wenn dies - z.B. mit einer Fahrertypenkennung - gewünscht wird. Im vorliegenden Beispiel demonstriert der Wechsel zwischen den Typen *sport* und *comfort* der Plug-Ins *Drivers Demand* und *Shift-Strategy* die Flexibilität des Priorisierungsverfahrens für die Austauschbarkeit ganzer Algorithmen.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Systemen, die lediglich unterschiedliche Charakterisierung des Fahrzeugverhaltens durch Parameteränderung in isolierten Teilsystemen erlauben, ermöglicht Cartronic eine tiefgreifende, flexible Markencharakterisierung des Gesamtfahrzeugs durch Plug-Ins bei gleichzeitiger Wiederverwendung der zugrundeliegenden Software.

CARTRONIC ist eine übergreifende, offene Systemarchitektur für alle Steuerungs- und Regelungsaufgaben im Kraftfahrzeug. Sie ist unabhängig vom Fahrzeugtyp und von der Steuergeräte-Konfiguration. CARTRONIC beruht auf einer klar gegliederten, hierarchischen Funktionsarchitektur und modularen Software mit offenen, einheitlichen Schnittstellen in den beteiligten Steuergeräten. Damit können die Aufgaben flexibel auf einzelne Hardware-Komponenten des elektronischen Systems verteilt werden. Mit CARTRONIC lassen sich die immer komplexeren Fahrzeugsysteme leichter beherrschen.

Am Beispiel wurde gezeigt, daß Cartronic eine flexible Markencharakterisierung nach einem Top-Down Ansatz unterstützt. Die charakteristischen Funktionen für die Fahrbarkeit sind jeweils in einem Plug-In konzentriert. Ein applizierbares Priorisierungsverfahren ermöglicht die flexible Koordination der Plug-Ins. Es gelingt dadurch, mit geringem Software-Aufwand völlig unterschiedliche Fahrzeugcharaktere darzustellen. Definierte Schnittstellen erlauben die modulare Integration zusätzlicher Systemelemente. Das Plug-In Konzept erleichtert ein Softwaresharing, welches dem OEM die Möglichkeit gibt, seine Marke durch selbständig entwickelte Softwaremodule zu charakterisieren. Ein hohes Maß an Wiederverwendbarkeit der zugrundeliegenden Softwarekomponenten unterstützt die Anforderungen nach Kostengünstigkeit und Softwarequalität.

PRIORISIERUNGSVERFAHREN VON INFORMATIONSGEBERN

In Kraftfahrzeugen ist es üblich, dass zwischen unterschiedlichen Vortriebswünschen, die entweder vom Fahrer oder von Assistenzsystemen, z.B. FGR, ACC und ANB, kommen, gewählt werden muss. Die Steuergerätesoftware enthält einen Programmteil, der den wichtigsten Anforderer auswählt.

Während der Implementierung des Auswahlverfahrens ist bekannt, welche Systeme Anforderungen stellen können und wie sie untereinander gewichtet sind. Diese Anforderungen werden in einer starren Logik miteinander verknüpft.

ZIEL DES PRIORISIERUNGSVERFAHRENS

Das heutzutage eingesetzte Verfahren hat den Nachteil, dass im vorhinein bekannt sein muss, welches System Vortriebswünsche geben kann und welche Anforderungskombinationen es geben kann. Dadurch muss für jede Kombination von Systemen das Verfahren angepasst werden.

Ziel der Erfindung ist ein Verfahren, mit dem man die Auswahl der weitergeleiteten Anforderung bzw. des Wunsches, insbesondere des Vortriebswunsches, unabhängig von der Anzahl und der Funktionsweise der anfordernden Systeme treffen kann.

VORTEILE DES PRIORISIERUNGSVERFAHRENS

- Keine Abhängigkeiten zwischen Auswahlverfahren und Anforderer und damit vermehrten Software Reuse des Auswahlverfahrens und der Anforderer (FGR, Fahrpedal, ...)
- Verminderten Code- und Rechenzeitverbrauch bei komplexen Systemen (viele Anforderer), da das Auswahlverfahren unabhängig ist von den Querbeziehungen der Anforderer
- Leichtere Erweiterbarkeit des Systems (Hinzufügen von weiteren Anforderern)
Solange die Anforderer die angebotenen, abstrakten Schnittstelle benutzen können und genügend Speicherplatz für die ID-Tabellen (siehe Kapitel 0) reserviert worden ist, kann das System um beliebig viele Anforderer erweitert werden, ohne Programmcode ändern zu müssen.
- Wechsel zwischen Prioritätensätzen während der Laufzeit
- System kann in Zukunft um eine dynamische Anmeldung von Anforderer erweitert werden

WEITERE BESCHREIBUNG DES PRIORISIERUNGSVERFAHRENS

Im folgenden wird der Ablauf einer Auswahl eines Vortriebswunsches beschrieben. Das System beinhaltet die folgenden Anforderer:

- Fahrpedal (ID 10)
- Automatische Notbremse (ID 9)
- Bremspedal (ID 35)
- FGR (ID 44)
- Leerlaufregler (ID 22)

Das im Beispiel angewendete Verfahren, um den wichtigsten Vortriebswunsch zu ermitteln, besteht aus 2 Stufen.

- **Lineare Priorisierung (1.Stufe)**
Hier wird eine Liste sequenziell durchgearbeitet und sobald ein Anforderer einen Anforderungswunsch hat, abgebrochen. Je höher ein Anforderer in der Liste steht, je höher ist seine Priorität
- **Max-Auswahl (2.Stufe)**
Es werden alle Anforderer abgefragt. Es wird der Wunsch mit dem höchsten Vortriebsmoment ausgewählt.

Abbildung 10 zeigt die Prioritäten der einzelnen Anforderer.

Abbildung 11 zeigt den Ablauf dieses Beispiels.

Vielen realen Anwendungsfällen wird dieses Verfahren nicht genügen. Im folgenden sind 2 weitere Ausbaustufen des Systems beschrieben.

- **Erweiterung um Min/Max Auswahl**
Sobald die Anforderer nicht nur den Motor, sondern auch die Bremse ansteuern können, kommt man nicht mit dem im Beispiel beschriebenen Verfahren aus, da ein Bremseneingriff eine höhere Priorität hat, als ein Beschleunigungseingriff. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, muss die 2. Stufe von einer Max-Auswahl in eine Min/Max-Auswahl verändert werden. Die Min/Max-Auswahl funktioniert wie folgt:
Sobald ein Anforderer einen Bremseneingriff anfordert, gewinnt der niedrigste Vortriebswunsch (maximale Verzögerung). Wenn es keinen Bremseneingriff gibt, wird die maximale Beschleunigung ausgewählt.
- **Erweiterung um Autoritäten**
Das oben beschriebene Verfahren entspricht nicht, den zur Zeit üblichen Verfahren, da das Fahrpedal einen Bremseneingriff des FGR+ oder des ACC überstimmen kann. Aus diesem Grund kann das beschriebene Verfahren noch um eine Stufe erweitert werden, die wir Autoritäten genannt haben.
Bei diesem Verfahren kann jeder Anforderer bestimmte Anforderungsbereiche während der Min/Max-Auswahl ausblenden. Das bedeutet, dass z.B. das Fahrpedal alle Bremseneingriffe ausblenden kann. Dadurch werden alle Bremseneingriffe während der Min/Max-Auswahl ignoriert, aber nicht, z.B. die Bremse, die in der linearen Priorisierung angesiedelt wäre.

Um die IDs effizient zu handhaben, werden sie in Listen verwaltet, die sequenziell abgearbeitet werden. Ein Anpassen der Prioritäten auf globale Optimierungskriterien (z.B. Ökoabstimmung, Sportabstimmung oder Wintererkennung) kann erfolgen, wenn die IDs in 2 dimensionalen Listen verwaltet werden und je nach globalen Optimierungskriterium eine andere Reihe benutzt wird.

Wenn nun ein Anforderer hinzugefügt werden soll, so ist er in die richtigen Tabellen einzutragen und wird damit automatisch bei der nächsten Auswahl mit berücksichtigt.

Es muss ausgeschlossen werden, dass eine ungültige Anforderung an den Motor oder die Bremse weitergeleitet wird. Aus diesem Grund muss sichergestellt sein, dass das System entweder mit einem gültigen Wert vorinitialisiert wird oder es muss garantiert sein, dass bei jeder Auswahl immer mindestens ein Anforderer einen Wert anfordert.

Bei den anonymen Priorisierungsverfahren von Informationsgebern weiß das Auswahlverfahren nicht, welche Qualität der Anforderer hat. Die einzigen Informationen, die es hat, sind die ID und die Position in den jeweiligen Tabellen der Auswahlverfahren. Dies führt dazu, dass es keine inneren Abhängigkeiten von Anforderer und Auswahlverfahren gibt. Ein derartiges Auswahlverfahren ist immer dann nötig, wenn man die Anzahl der Anforderer ändern kann,

ohne den Code des Auswahlverfahrens zu ändern. Dieses Verfahren kann z.B. in einer Motorsteuerung angewendet werden, wie das obige Beispiel zeigt. Es gibt aber noch viele weitere Produkte, bei denen dieses Verfahren Vorteile bringt.

PLUG-IN TECHNOLOGIE ZUR KOORDINIERTEN ANTRIEBSSTRANGSTEUERUNG

In der Antriebsstrangsteuerung für Kraftfahrzeuge ist es möglich, die Vorgaben des Fahrers am elektronischen Fahrpedal als Fahrzeugbeschleunigungs- oder Radmomentenwunsch und nicht mehr als Motormoment zu interpretieren. Dadurch wird deutlich, dass die Interpretation der Anforderungen an den Antriebsstrang bereits eine wesentliche Aufgabe der Antriebsstrangsteuerung sein können.

In EP 0 883 510 B1 werden sich dadurch ergebende Vorteile insbesondere bezüglich Kraftstoffverbrauch und Emissionen zum einen und sportlicher Fahrweise zum anderen aufgezeigt. Durch die freie Wahl an Triebstrangarbeitspunkten (definiert z.B. durch Motormoment und Übersetzung des Getriebes) kann diesen widersprechenden Anforderungen je nach Fahrsituation Rechnung getragen werden.

In DE 199 16637 C1 wird zusätzlich eine Interpretation der Betätigung des Bremspedals durch den Fahrer als Bremsmoment vorgeschlagen. Durch geschickte Wahl des Arbeitspunktes des Antriebsstranges kann der Fahrer so in seinen Aktionen sinnvoll unterstützt werden.

In DE 199 40 703 C1 wird ein ähnliches Verfahren vorgestellt, bei dem als Führungsgröße die Interpretation des Fahrerwunsches als Getriebeausgangsmoment angewendet wird. Dadurch ist es auch in Fahrzeugen mit gestuften Getrieben möglich, einen über die Geschwindigkeit stetigen Getriebeausgangsmomentenverlauf einzustellen, um den Fahrkomfort zu erhöhen.

Ebenfalls möglich in Kraftfahrzeugen ist es, für verschiedene Komponenten im Triebstrang wie Motor und Getriebe Schnittstellen zur Kommunikation zu vereinbaren, über die Anforderungen übermittelt werden können, damit sie von der empfangenden Komponente ausgeführt werden. Eine im Kraftfahrzeugbereich verbreitete technische Schnittstelle bzw. Bussystem zur Steuergerätevernetzung ist beispielsweise der CAN-Bus.

Neben dem Fahrpedal und dem Bremspedal gibt es heutzutage viele weitere Anforderer, die Vorgaben an den Antriebsstrang machen können. Typische Beispiele hierfür sind Komfortsysteme wie der Fahrgeschwindigkeitsregler oder Sicherheitssysteme wie ASR und ESP. Dabei wird ein großer Teil an Entwicklung und Rechenkapazität dafür aufgewendet, entsprechend der aktuellen Fahrsituation zu entscheiden, wann welches System tatsächlich aktiv den Arbeitspunkt des Triebstranges vorgeben oder beeinflussen darf.

AUFGABE DER ERFINDUNG

Aufgabe dieser Erfindung ist es, ein optimiertes Basissystem zur Antriebsstrangsteuerung zu definieren.

VORTEILE DER ERFINDUNG

- In dieses optimierte Basissystem können dann Anforderungen verschiedenster Systeme in einheitlicher Art auf Basis von Systemführungsgrößen (im wesentlichen dem Getriebeausgangsmoment) zentral eingebracht werden.
- In dieses optimierte Basissystem können verschiedenste Verfahren zur Ermittlung von geeigneten Betriebspunkten des Antriebsstranges eingebracht werden.

- In diesem optimierte Basissystem können die Anforderungen und Verfahren entsprechend der aktuellen Fahrsituation durch ein abstraktes Priorisierungsverfahren situationsgerecht priorisiert werden, so dass die "richtige" Anforderung berücksichtigt und das "optimale" Verfahren zur Betriebspunktauswahl verwendet wird.
- Dieses optimierte Basissystem rechnet die Anforderungen entsprechend der Triebstrangtopologie des betreffenden Fahrzeugs um und macht Vorgaben an die TreibstrangkompONENTEN, wobei die Schnittstellen zu den Komponenten so abstrakt wie möglich auf physikalischer Basis festgelegt werden, um Abhängigkeiten beispielsweise von verschiedenen Motortypen (Diesel und Benzin) weitestgehend auszuschalten.
- Dieses optimierte Basissystem bietet die Möglichkeit, die Ermittlung von Anforderungen und Verfahren zur Berechnung von optimalen Betriebspunkten in Plug Ins zusammenzufassen, um so separierbare Systeme im Sinne von veräußerbaren Produkten zu schaffen.
- Eine Funktion im Sinne einer durch den Fahrer erkennbaren zusammenhängenden Funktionalität hat häufig Anforderungen und Auswirkungen auf verschiedenste Komponenten im Fahrzeug. Beispielsweise kann ein adaptiver Geschwindigkeitsregler beim Einhalten einer durch den Fahrer vorgegebenen Geschwindigkeit sowohl beschleunigen als auch verzögern. Dazu müssen die Komponenten Motor, Getriebe und Bremse entsprechend angesteuert werden. Dies wird im beschriebenen System möglich gemacht, ohne dass die Funktionalität auf verschiedene Komponenten aufgeteilt werden muss. Die Funktionalität bleibt als Einheit zusammen und kann dem System hinzugefügt oder entnommen werden, ohne dass dafür das Programm des Systems geändert werden muss.
- Die Priorisierungsverfahren zur Auswertung der Anforderungen verschiedener Plug Ins können auf Grund deren Einheitlichkeit (alle Plug Ins fordern zur Beschleunigung des Fahrzeugs ein Getriebeausgangsmoment (Führungsgröße des Systems)) so ausgelegt werden, daß zur Priorisierung nicht bekannt sein muß, welches System hinter der Anforderung steht (es spielt aus Sicht des Priorisierungsverfahrens keine Rolle, welche Funktionalität ein Plug In erfüllt, sondern nur, welche Priorität es hat). Durch diese Anonymisierung der Anforderer ist es möglich, die Anzahl der zu berücksichtigenden Plug Ins frei zu wählen, ohne dafür das Programm ändern zu müssen. Dadurch vereinfacht sich die Konfiguration des Systems zur Anpassung an eine bestimmte Fahrzeug- und Funktionsvariante erheblich und es können auch nachträglich noch Funktionen hinzugefügt werden, die zunächst nicht mit eingeplant waren.
- Zu den Komponenten im Triebstrang entstehen einheitliche, abstrakte Schnittstellen, die weitestgehend von Varianten der Komponenten unabhängig sind. Dadurch können bei Einhaltung der Schnittstellen sehr einfach Komponenten unterschiedlichster Hersteller eingesetzt werden, wodurch sich der Fahrzeughersteller nicht von proprietären Lösungen einzelner Zulieferer abhängig macht.
- Die Programme der Plug Ins können weitestgehend ohne Kenntnisse von der Art eingesetzter Komponenten definiert werden und dadurch in vielen Fahrzeugkonfigurationen wiederverwendet werden. Dies ist bei der hohen Zahl an Fahrzeugvarianten ein deutlicher Vorteil. Ein typisches Beispiel ist der Fahrgeschwindigkeitsregler, der sich heute intern stark unterscheidet, je nachdem ob ein Diesel- oder ein Benzinmotor das Fahrzeug antreibt. Das beschriebene System wirkt wie eine Zwischenschicht, die die Funktionalitäten, die in Plug Ins abgebildet werden, von den Komponenten entkoppelt. Ein weiterer positiver Effekt der Entkopplung ist die Reduktion des Applikationsaufwandes, der sonst häufig durch Änderungen in anderen Funktionen oder Komponenten erzeugt wird.

BESCHREIBUNG WEITERER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

Das Verfahren zur koordinierten Antriebsstrangsteuerung wird zunächst in 5 Phasen eingeteilt:

- Charakterisierung der Umwelteinflüsse
- Festlegen eines globalen Optimierungskriteriums
- Fahrerwunschinterpretation
- Optimalen Betriebspunkt bestimmen
- Optimalen Betriebspunkt anfahren

Im ersten Schritt der koordinierten Antriebsstrangsteuerung werden aktuelle Umweltdaten aufbereitet, gegebenenfalls typisiert und zur Verfügung gestellt. Folgende Informationsgruppen sind von Interesse:

Fahrzeuggrößen	Allgemeine aktuelle Fahrzeugdaten wie Geschwindigkeit und Querschleunigung
Triebstrangzustand	Aktuelle Triebstrangdaten wie Kraftschluss und Schub / Zug
Fahrertyperkennung	Beobachtet das Fahrverhalten und die Aktivitäten des Fahrers und leitet daraus einen abstrakten Typ ab (z.B. sportlich oder ökonomisch)
Fahrsituationserkennung	Zieht auf Grund abgeleiteter Signale Rückschlüsse auf die aktuelle Umwelt- oder Fahrsituation, z.B. Berg, Kurve, Winter, Stadt, Autobahn

Im zweiten Schritt wird festgelegt, woraufhin das gesamte nachfolgende Verfahren optimiert werden soll. Denkbar sind beispielsweise Kriterien wie sportliche Fahrweise, ökonomische Fahrweise oder besonders verschleißschonende Fahrweise. Der Vorteil der globalen Festlegung liegt in der anschließenden einheitlichen Verwendung in allen entscheidenden Funktionen von der Fahrpedalinterpretation bis zur Motormomenten- und Übersetzungsauswahl.

Die anschließende Fahrerwunschinterpretation hat die Aufgabe, die Vorgaben des Fahrers zu interpretieren und eine Vorgabe für die Längsbewegung des Fahrzeugs daraus abzuleiten. Das umfaßt neben der reinen Fahrpedalinterpretation nach Beschleunigung und Verzögerung beispielsweise auch die Vorgaben eines Fahrgeschwindigkeitsreglers oder eines ACC, die den Wunsch des Fahrers nach automatischer Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit umsetzen. Als Schnittstelle zum Antriebsstrang bzw. zur Bremse sind Getriebeausgangsmoment und Fahrzeugverzögerung vorgesehen.

Die Fahrerwunschinterpretation liefert als Ergebnis ein Getriebeausgangsmoment, daß vom Antriebsstrang zur Verfügung gestellt werden soll (hinzu kommt noch die benötigte Nebenaggregateleistung). Hierfür muß nun ein optimaler Betriebspunkt bestimmt werden, wobei sich „optimal“ am ausgewählten Optimierungskriterium (s. Phase 2) orientieren sollte. Ein Betriebspunkt ergibt sich in einem konventionellen Antriebsstrang aus dem Motormoment und der Übersetzung des Getriebes, da sich die Motordrehzahl bei gegebener Fahrzeuggeschwindigkeit direkt daraus berechnen läßt. Für zukünftige Konzepte ergeben sich durch den Einbau weiterer Aggregate evt. noch weitere Freiheitsgrade (z.B. E-Maschine im 4-Quadranten-Betrieb).

Die letzte Aufgabe der koordinierten Antriebsstrangsteuerung ist das Anfahren des optimalen Betriebspunktes. Der aktuelle und der neue optimale Betriebspunkt können unter Umständen relativ weit „auseinander“ liegen (z.B. wenn der Fahrer plötzlich ins Fahrpedal tritt). Um Fahrbarkeit, Komfort, Sicherheit und Aggregateschutz zu gewähr-

leisten ist es daher häufig sinnvoll, keinen abrupten Übergang (so schnell wie möglich) zuzulassen, sondern den neuen Betriebspunkt gedämpft anzufahren.

Nach dem 5. Schritt steht der neue Betriebspunkt fest und die entsprechenden Vorgaben können an die Komponenten im Antriebsstrang ausgegeben werden.

In den Phasen 2 bis 5 wird die eigentliche inhaltliche Ausgestaltung der Aufgabe der Phase von Plug Ins übernommen. Dazu wird von jeder Phase eine entsprechende Schnittstelle angeboten, über die (mindestens) ein oder mehrere Plug Ins Vorschläge oder Anforderungen einbringen können. Diese Vorschläge werden zunächst durch ein phasenspezifisches Priorisierungsverfahren miteinander verglichen und der "Gewinner" wird von der Phase anschließend tatsächlich als Vorgabe an die nächste Phase weitergegeben. Zur Priorisierung kommen verschiedene Verfahren zum Einsatz (einfache Rangfolge, Maximalauswahl, Mittelwertbildung und Kombinationen dieser Verfahren), wie oben näher beschrieben.

Abbildung

In *V 12* ist der Ablauf noch einmal dargestellt. Der Ablauf der 5 Phasen ist im Sinne einer Zwischenschicht (CARTRONIC-Layer, s. nächster Absatz) zwischen Plug Ins und Komponenten in der Darstellung gelb hinterlegt. Die Informationen, die von einer Phase an die nächste Phase weitergegeben werden, sind mit schwarzen Pfeilen markiert. Anforderungen und Vorgaben, die zu den einzelnen Phasen von den Plug Ins gemacht werden, sind mit blauen Pfeilen gekennzeichnet. Die Vorgabe des in der letzten Phase endgültig festgelegten neuen Betriebspunktes an die Treibstrangkomponenten ist mit grünen Pfeilen gezeichnet. Die grauen Pfeile kennzeichnen den Informationsfluß allgemeiner Zustandsgrößen und Fahrzeuggrößen, die innerhalb der Phasen oder Plug Ins zur Bearbeitung ihrer Funktion verwendet werden können.

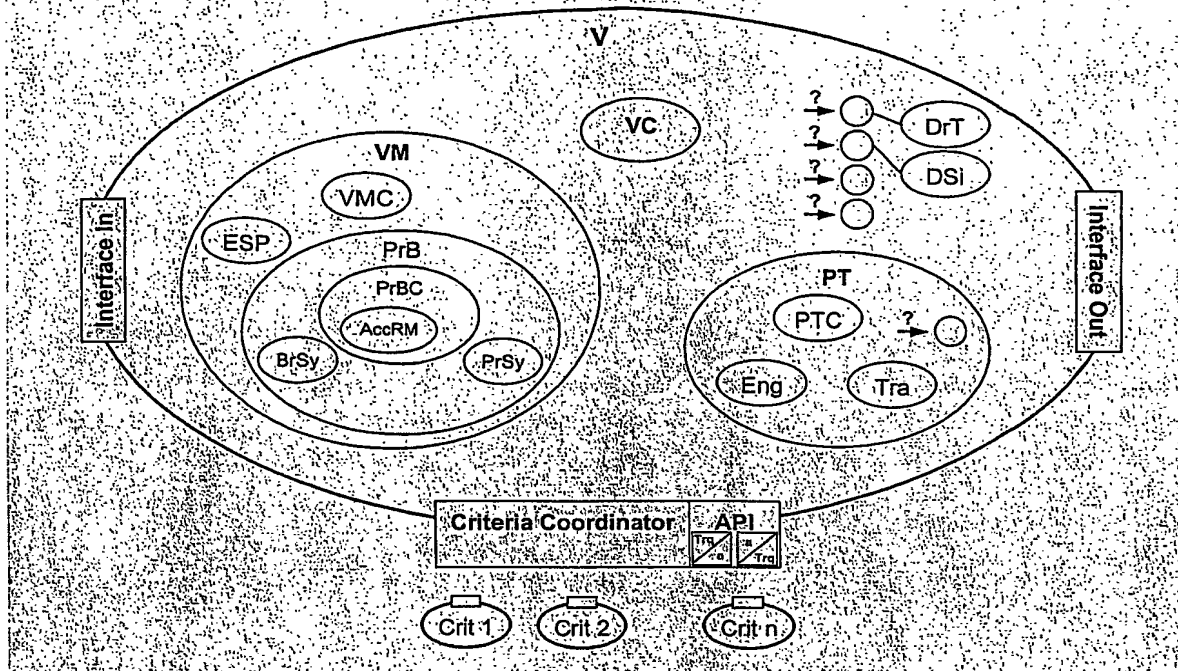
Zur Ausgestaltung der Phasen hat es sich als besonders günstig erwiesen, eine entsprechend der Komponenten und Funktionen im Fahrzeug hierarchisch orientierte Struktur zu verwenden. Dazu wurde die (von Bosch geschützte) CARTRONIC®-Modellierung verwendet. *Abbildung 13* Diese bildet die Triebstrangtopologie in der Software ab und ermöglicht durch Mechanismen zur Austauschbarkeit die einfache Anpassung an Veränderungen der Fahrzeugkonfiguration. Die Aufgaben der 5 Phasen wurden auf die Koordinatoren verteilt, die inhaltlich innerhalb CARTRONIC für diese Aufgabe vorgesehen sind. Zusätzlich sind sogenannte "Interfaces" (dunkelgelb dargestellt) eingefügt worden, die für die Kommunikation mit den physikalischen Komponenten Motor, Getriebe und Bremse sorgen.

1-23 auf S. 16 bis 38

Auf den folgenden *Bildern* wird die Aufteilung der einzelnen Phasen innerhalb der CARTRONIC-Struktur aufgezeigt sowie der Ablauf der gesamten Antriebsstrangsteuerung noch einmal en Detail mit Hilfe von Beispielen erläutert:

Koordinierte Antriebsstrangsteuerung Gesamtstruktur BVDM

asset
Bosch Gruppe



SF 15.05.2001

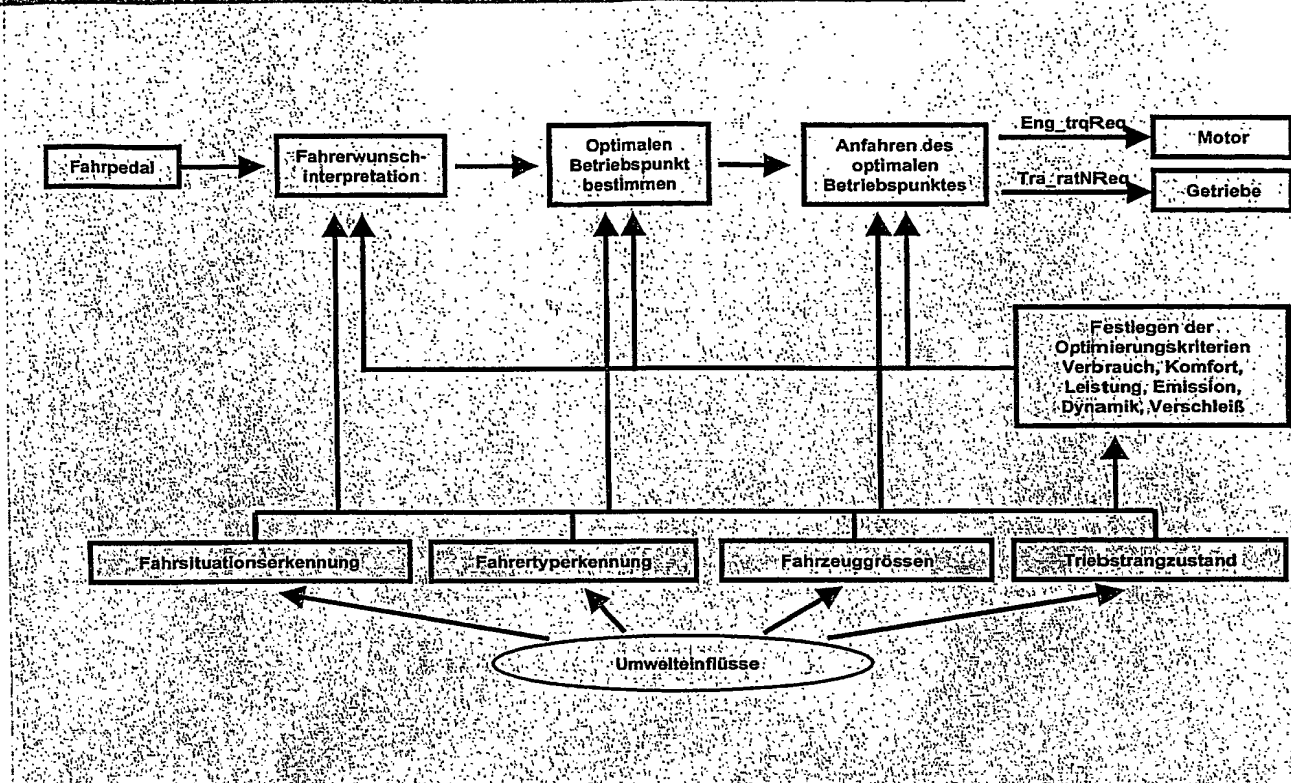
1

©2001 Alle Rechte bei Asset Automotive Systems and Engineering Technology GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

- Hierarchische Strukturierung des Softwaresystems zur koordinierten Antriebsstrangsteuerung nach CARTRONIC. Besteht im wesentlichen aus Fahrzeugbewegung (Vehicle Motion, VM), welches für die Ermittlung und Koordination aller Längsdynamikanforderungen an das Fahrzeug verantwortlich ist, und dem Antriebsstrang (Powertrain, PT), der die Aufgabe hat, diese Anforderungen zu realisieren. Die Führungsgröße, auf die sich das gesamte System bezieht, ist das Getriebeausgangsmoment.
- Das System ist erweitert um Schnittstellen nach Außen (Interface In und Out), die andeuten sollen, daß die einzelnen SW-Komponenten für eine funktionstüchtige Software auch mit den realen Komponenten verbunden und mit weiteren Steuersystemen vernetzt werden müssen, und daß hierfür ein spezieller softwaretechnischer Mechanismus genutzt wird.
- Eine Sonderstellung nimmt die Schnittstelle (Criteria Coordinator) zu einer unbestimmten Anzahl PlugIn-Komponenten (Crit x) ein. Um das System einfach um beliebige Funktionen zur koordinierten Antriebsstrangsteuerung erweitern zu können, werden diese in PlugIn's ausgelagert und kommunizieren mit dem System über eine definierte Schnittstelle. Wie die funktionale Aufteilung zwischen dem System und den PlugIn's und die dazugehörige Kommunikation abläuft, wird auf den folgenden Folien beschrieben.

Koordinierte Antriebsstrangsteuerung Charakterisierung der Umwelteinflüsse

asset
Bosch Gruppe



SF 15.05.2001

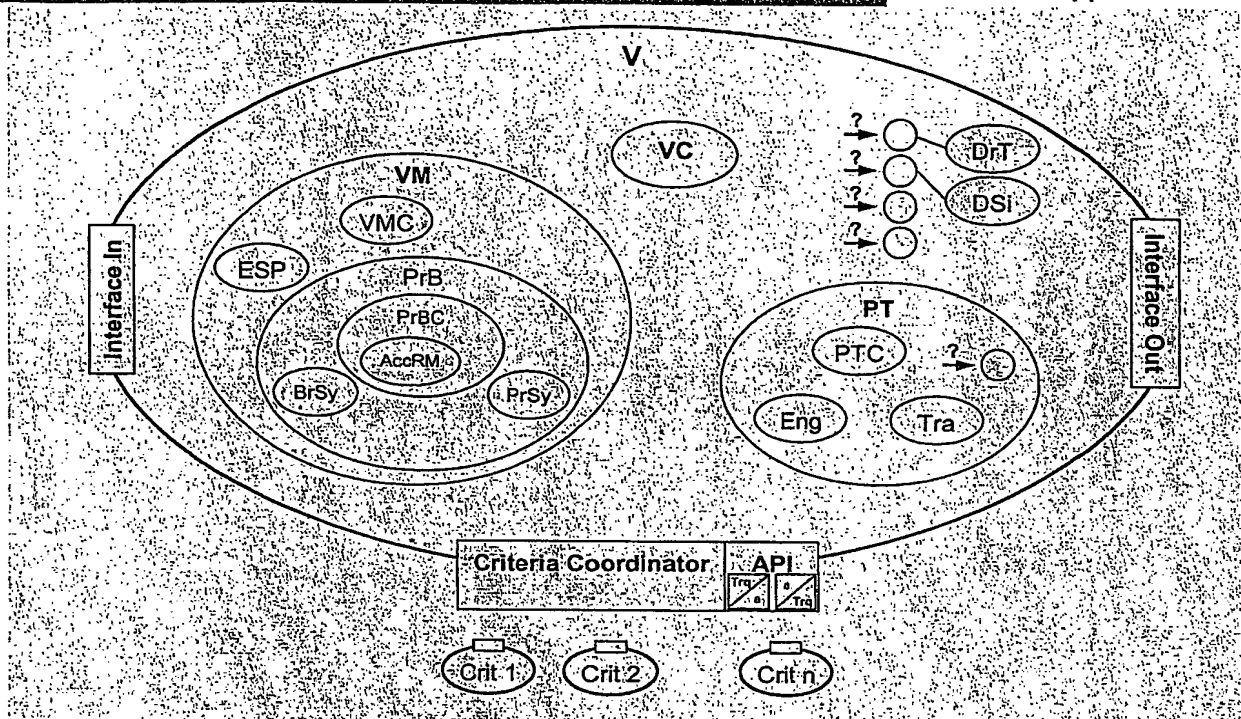
2

©2001 Alle Rechte bei Asset Automotive Systems and Engineering Technology GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

- Erster Schritt der koordinierten Antriebsstrangsteuerung, die aktuellen Umweltdaten werden aufbereitet, gegebenenfalls typisiert und zur Verfügung gestellt:
- Fahrzeuggrößen Allgemeine aktuelle Fahrzeugdaten wie Geschwindigkeit und Querschleunigung
- Triebstrangzustand Aktuelle Triebstrangdaten wie Kraftschluss und Schub / Zug
- Fahrertyperkennung Beobachtet das Fahrverhalten und die Aktivitäten des Fahrers und leitet daraus einen abstrakten Typ ab (z.B sportlich oder ökonomisch)
- Fahrsituationserkennung Zieht auf Grund abgeleiteter Signale Rückschlüsse auf die aktuelle Umwelt- oder Fahrsituation, z.B. Berg, Kurve, Winter, Stadt, Autobahn
- Hinweis: Auf die Struktur und Funktionalität von Fahrertyperkennung und Fahrsituationserkennung wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen, dies erfolgt separat (Stand der Technik).

Koordinierte Antriebsstrangsteuerung Charakterisierung der Umwelteinflüsse

asset
Bosch Gruppe



SF 15.05.2001

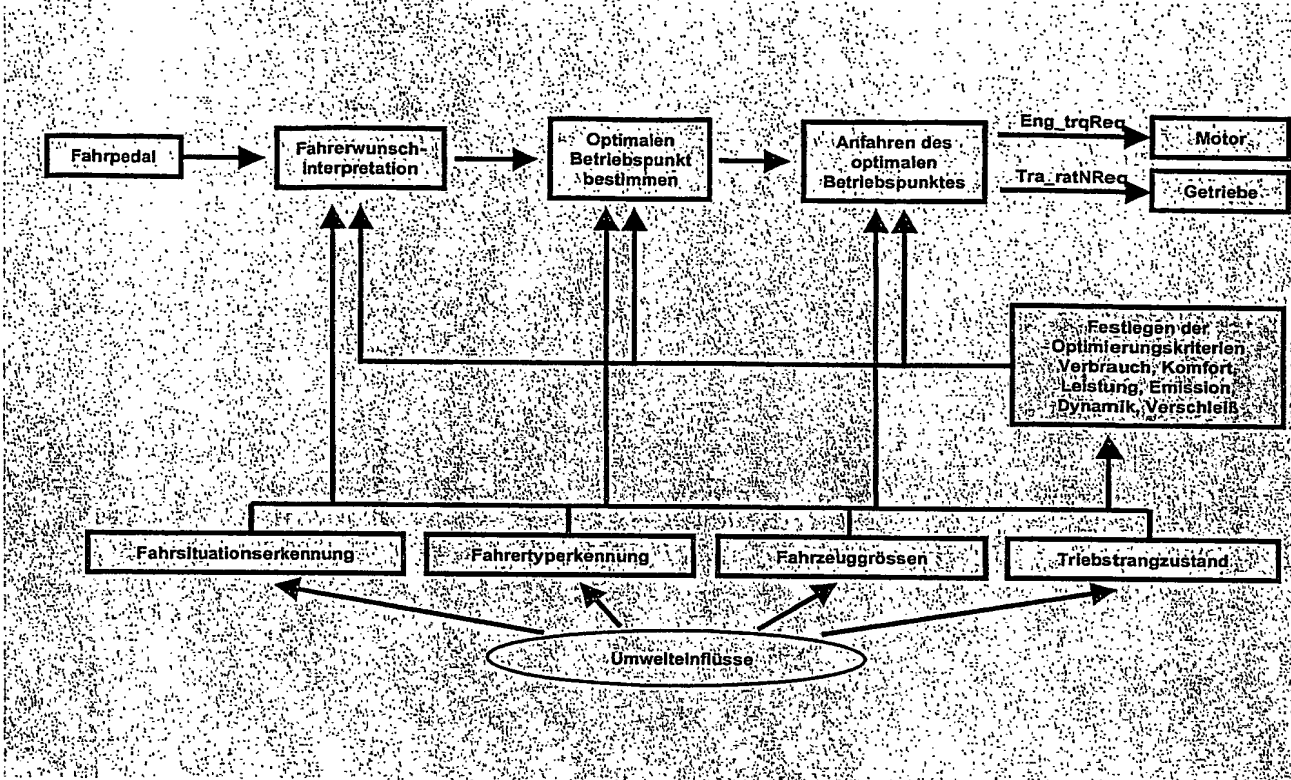
©2001 Alle Rechte bei Asset Automotive Systems and Engineering Technology GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns

3

- Zuordnung der Charakterisierung der Umwelteinflüsse zur Architektur. Die Fahrertyperkennung; Fahrsituationserkennung und Fahrzeuggrößen werden den Infogebern auf der obersten Ebene zugewiesen und sind daher für alle anderen Komponenten sichtbar, die Triebstrangzustandsgrößen werden im Antriebsstrang ermittelt und können daher auch nur innerhalb des Antriebsstrangs direkt verwendet werden.
- Hinweis: Auf die Struktur und Funktionalität von Fahrertyp-erkennung und Fahrsituationserkennung wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen.

Koordinierte Antriebsstrangsteuerung Festlegen der Optimierungskriterien

asset
Bosch Gruppe



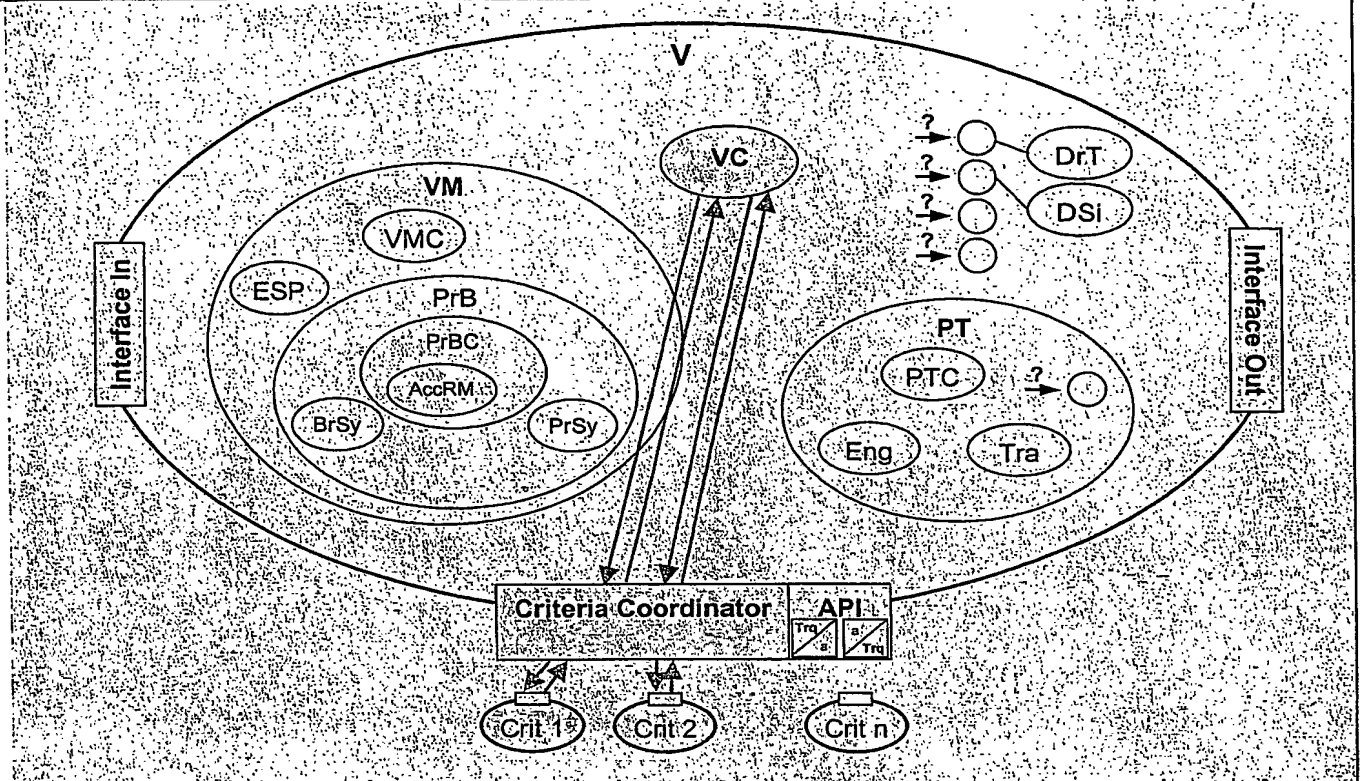
SF 15.05.2001

©2001 Alle Rechte bei Asset Automotive Systems and Engineering Technology GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

- Im zweiten Schritt wird festgelegt, woraufhin das gesamte nachfolgende Verfahren optimiert werden soll. Denkbar sind beispielsweise Kriterien wie sportliche Fahrweise, ökonomische Fahrweise oder besonders Verschleiß schonende Fahrweise. Der Vorteil der globalen Festlegung liegt in der anschließenden einheitlichen Verwendung in allen entscheidenden Funktionen von der Fahrpedalinterpretation bis zur Motormomenten- und Übersetzungsauswahl.

Koordinierte Antriebstrangsteuerung Festlegen der Optimierungskriterien

asset+
Bosch Gruppe



SF 15.05.2001

5

©2001 Alle Rechte bei Asset Automotive Systems and Engineering Technology GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

- Die Auswahl des aktuellen Optimierungskriteriums wird vom Fahrzeugkoordinator (Vehicle Coordinator, VC) gesteuert. Dieser fragt Vorschläge von PlugIn's (Crit x) über eine spezielle Schnittstelle, den Kriterienkoordinator (Criteria Coordinator, CC) ab und priorisiert diese lediglich. Wie die PlugIn's die Aufgabe erledigen, einen Vorschlag zu ermitteln, und um welche Art von PlugIn's es sich jeweils handelt, ist dem Fahrzeugkoordinator dabei nicht bekannt.

Koordinierte Antriebstrangsteuerung Festlegen der Optimierungskriterien

asset
Bosch Gruppe

Ablauf:

```
VC:    CC_Get_VehOpt(ID1)
CC:    Crit1_Get_VehOpt()
Crit1: return(None)
CC:    return(None)

VC:    CC_Get_VehOpt(ID2)
CC:    Crit2_Get_VehOpt()
Crit2: return(Sport)
CC:    return(Sport)
```

Beispiel:

```
Crit1: Winter, wird aktiv, wenn
       die Fahrsituation „Winter“
       erkannt ist.

Crit2: Sport, wird aktiv, wenn
       der Fahrertyp „sportlich“
       ist.

Crit3: Normalfahrt, immer aktiv
```

SF 15.05.2001

6

©2001 Alle Rechte bei Asset Automotive Systems and Engineering Technology GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns

- Der Ablauf, der auf der linken Seite exemplarisch gezeigt ist, geht von PlugIn's aus, wie sie als Beispiel auf der rechten Seite dargestellt sind.
- In diesem Beispiel gibt es in der Reihenfolge ihrer „Wichtigkeit“ die drei PlugIn's „Winter“, „Sport“ und „Normalfahrt“. Diese haben die bis auf Normalfahrt die Eigenschaft, nur dann einen Vorschlag für das Optimierungskriterium zu machen (sprich, sie sind nur dann „aktiv“), wenn eine bestimmte Situation vorliegt, wenn diese nicht vorliegt, machen sie keinen Vorschlag (sind also inaktiv). Normalfahrt ist insofern eine Ausnahme, da es ohne Vorliegen einer bestimmten Bedingung immer aktiv ist.
- Der Ablauf wird folgendermaßen beschrieben: Vor dem Doppelpunkt ganz links steht das Objekt, das eine Tätigkeit auslöst und ein anderes Objekt aufruft. Nach dem Doppelpunkt rechts steht die Methode des aufgerufenen Objekts.
- Der Fahrzeugkoordinator ruft zunächst den Kriterienkoordinator auf, einen Vorschlag für eine Fahrzeugoptimierung vom PlugIn mit der ID1 abzufragen. Der Kriterienkoordinator kennt das mit der ID1 benannte PlugIn und holt sich von diesem den aktuellen Optimierungsvorschlag. Da die Fahrsituation Winter aber im Beispiel nicht aktiv ist, gibt es „None“, also keinen Vorschlag zurück.
- Der Aufruf des nächsten PlugIns erfolgt auf die gleiche Art und Weise, dieses gibt jedoch den Optimierungsvorschlag „Sport“ zurück, da der Fahrertyp „sportlich“ ist.
- Da nun ein Vorschlag für ein Optimierungskriterium gefunden ist, brauchen nachfolgende PlugIns mit einer niedrigeren Priorität nicht mehr nach einem Vorschlag befragt werden.

Priorisierung:

Es wird eine Reihenfolge festgelegt, in der die Kriterien befragt werden. Das Kriterium mit der höchsten Priorität wird zuerst befragt. Wenn es nicht aktiv ist, wird das nächste befragt usw., bis das erste aktive Kriterium gefunden ist; danach bricht das Verfahren ab. Die Reihenfolge wird durch Applikation der ID's in einer Tabelle im VC festgelegt.

Schnittstelle:

Für die Schnittstelle muß eine feste Menge von vordefinierten Zuständen vereinbart sein. Diese könnte z.B. umfassen:

- Sport
- Winter
- Normalfahrt
- Ecomode
-

Aufruf: Crit_Get_VehOpt()

SF 15.05.2001

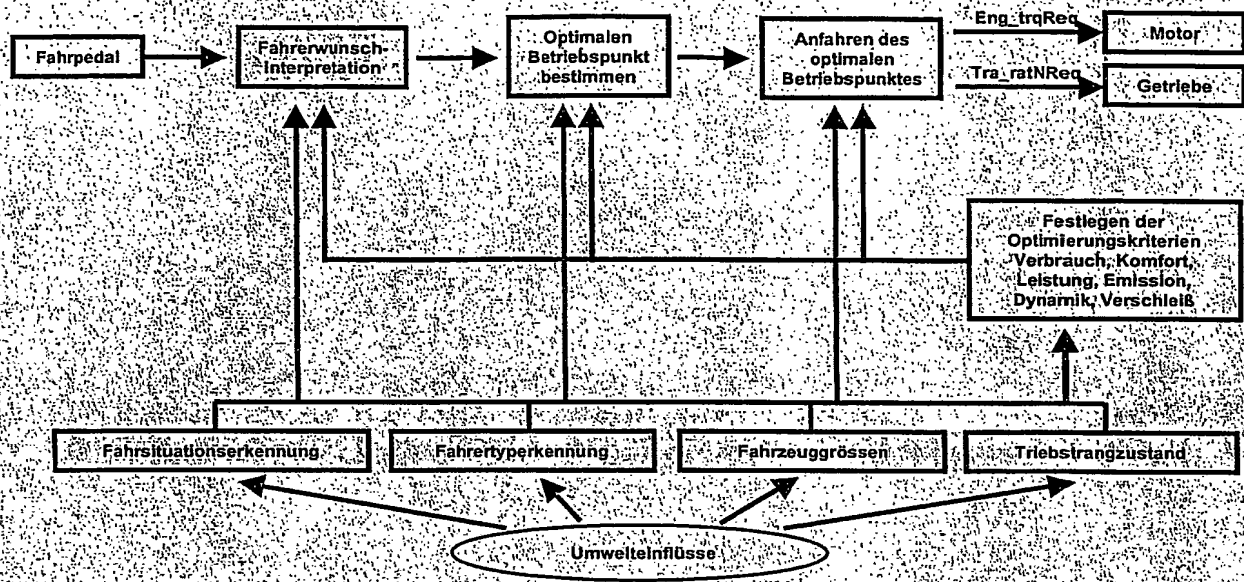
7

©2001 Alle Rechte bei Asset Automotive Systems and Engineering Technology GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns

- „Lineare Priorisierung“
- Das vorgeschlagene Priorisierungsverfahren an dieser Stelle ist möglichst einfach, es wird eine feste Rangfolge festgelegt und das ranghöchste aktive Kriterium, das nicht „None“ zurückliefert, gewinnt. Ein Vorteil dieser Priorisierung liegt darin, daß nicht immer alle Kriterien befragt werden müssen, da in dem Moment abgebrochen werden kann, wenn ein aktives Kriterium gefunden wurde.
- Als Schnittstelle zwischen dem Fahrzeugkoordinator und den Plugins wird (für alle Plugins einheitlich) eine feste Menge von Zuständen vereinbart. Die gewünschte Bedeutung wie z.B. „Sport“ oder „Verschleiß“ muß auf beiden Seiten bekannt sein, da der Fahrzeugkoordinator dementsprechende Maßnahmen einleiten können soll.

Koordinierte Antriebsstrangsteuerung Fahrerwunschinterpretation

asset
Bosch Gruppe



SF 15.05.2001

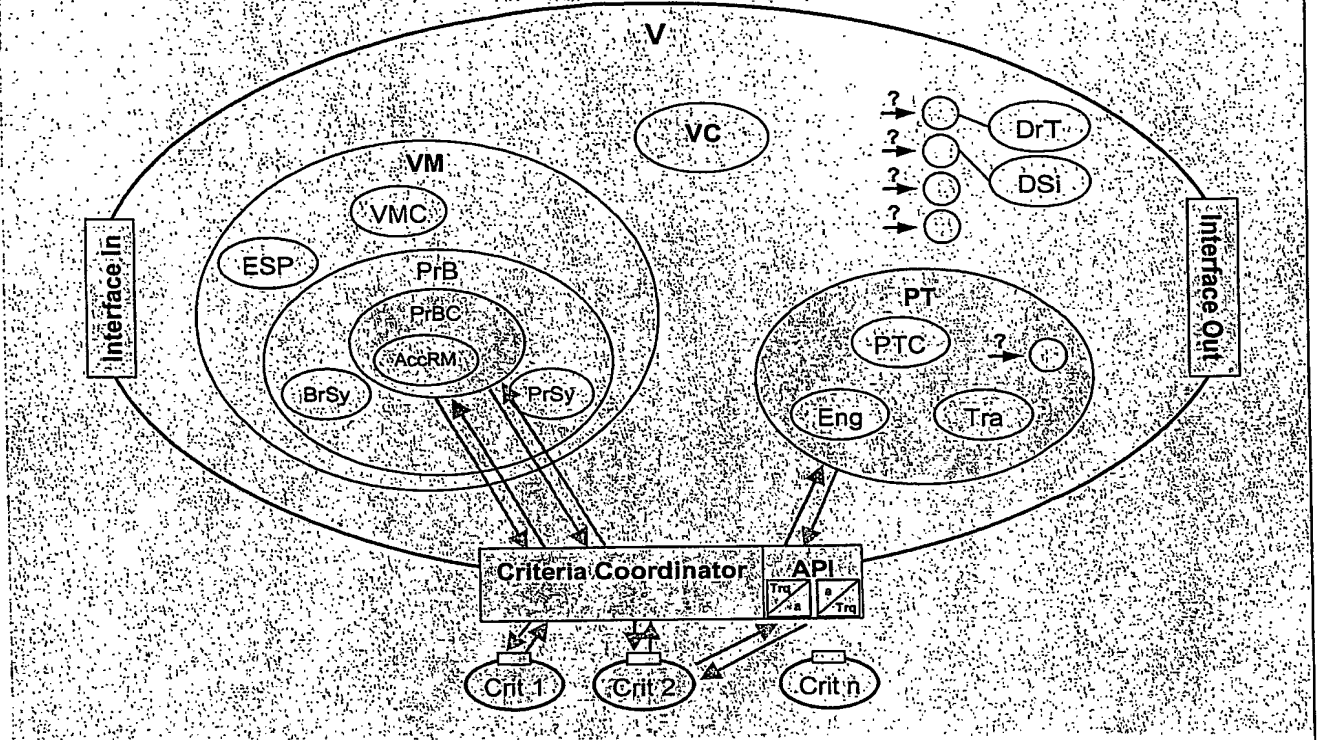
8

©2001 Alle Rechte bei Asset Automotive Systems and Engineering Technology GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

- Die Fahrerwunschinterpretation hat die Aufgabe, die Vorgaben des Fahrers zu interpretieren und eine Vorgabe für die Längsbewegung des Fahrzeugs daraus abzuleiten. Das umfaßt neben der reinen Fahrpedalinterpretation beispielsweise auch die Vorgaben eines Fahrgeschwindigkeitsreglers oder eines ACC, die den Wunsch des Fahrers nach automatischer Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit umsetzen. Als Schnittstelle zum Antriebsstrang bzw. zur Bremse sind (zz.) Getriebeausgangsmoment und Fahrzeugverzögerung vorgesehen.

Koordinierte Antriebstrangsteuerung Fahrerwunschinterpretation

asset+
Bosch Gruppe



SF 15.05.2001

9

©2001 Alle Rechte bei Asset Automotive Systems and Engineering Technology GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

- Den Ablauf der Fahrerwunschinterpretation steuert der Vortriebs- und Bremskoordinator (Propulsion and Brakes Coordinator, PrBC). Dieser ermittelt in Zusammenarbeit mit einer unbestimmten Anzahl von Plugins nach einem speziellen Priorisierungsverfahren die Vorgaben für Bremse und Antriebsstrang. Der Fahrzeugbewegungskordinator (Vehicle Motion Coordinator, VMC) koordiniert diese langsamen Vorgaben noch mit den schnellen Eingriffen der Traktions- und Fahrstabilitätssysteme und gibt die so gewonnenen Forderungen an den Triebstrang bzw. das Bremssystem weiter, wobei die weitere Auswertung und Durchführung der Vorgaben an die Bremse nicht teil dieser Darstellung sind.
- Zusätzlich bietet der Kriterienkordinator noch eine spezielle Schnittstelle zur Umrechnung einer Fahrzeugbeschleunigung in das dafür zum aktuellen Zeitpunkt benötigte Getriebeausgangsmoment und umgekehrt an, wobei der Kriterienkordinator diese Aufgabe nicht selber erfüllt, sondern z.B. an den Triebstrang weiterleitet, da dieser die relativ aufwendige Umrechnung zur Bewältigung seiner Aufgaben eh beinhaltet. Dadurch ergeben sich Vorteile bei der Umsetzung der Plugins:
 - Die Plugins werden einfacher, übersichtlicher und kleiner
 - Die Plugins werden unabhängig von fahrzeugspezifischen Daten
 - Der Gesamtsoftwareumfang wird geringer

Koordinierte Antriebstrangssteuerung Fahrerwunschinterpretation

asset
Bosch Gruppe

Ablauf:

```
PrBC: CC_Get_DriveProp(ID1)
CC: Crit1_Get_DriveProp()
Crit1: return(1.1 m/s²)
CC: return(1.1 m/s²)
PrBC: AccRM_Calc(1.1 m/s²)
AccRM: return(160 Nm, 0 m/s²)

PrBC: CC_Get_DriveProp(ID2)
CC: Crit2_Get_DriveProp()
Crit2: API_Get_Trq(+1.2 m/s²)
API: PT_Get_Trq(+1.2 m/s²)
PT: return(170 Nm)
API: return(170 Nm)
Crit2: return(170 Nm, 0 m/s²)
CC: return(170 Nm, 0 m/s²)
```

Beispiel:

```
Crit1: FGR, fordert Sollbeschleunigung, wenn FGR aktiv ist.
Crit2: Beschleunigungspedal, Fahrpedalinterpretation als Beschleunigung
Crit3: Standard, Fahrpedalinterpretation als Moment
```

SF 15.05.2001

10

©2001 Alle Rechte bei Asset Automotive Systems and Engineering Technology GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsverletzungen. Jede Verlangungsbefugnis, wie Kopie- und Weitergaberecht, bei uns.

- Der Beispielablauf zur Fahrerwunschinterpretation orientiert sich an den Plugins Fahrgeschwindigkeitsregler, Beschleunigungspedal und „Standard“-Fahrpedal mit den folgenden Funktionsweisen:
- Der Fahrgeschwindigkeitsregler versucht eine stationäre Geschwindigkeit durch die Anforderung einer Sollbeschleunigung einzuregeln, wenn der Fahrer diesen aktiviert hat. Das Beschleunigungspedal interpretiert die Fahrpedalstellung des Fahrers als Beschleunigungswunsch. Das Standardfahrpedal interpretiert die Fahrpedalstellung des Fahrers geschwindigkeitsabhängig als Getriebeausgangsmoment.
- Der Vortriebs- und Bremskoordinator fragt über den Kriterienkoordinator zunächst das Plugin mit der ID1 (Fahrgeschwindigkeitsregler) nach dessen Vortriebswunsch. Dies liefert einen Wunsch nach einer Beschleunigung von $1,1 \text{ m/s}^2$ zurück. Die Forderung, die der PrBC nach außen weitergeben kann, ist jedoch Getriebeausgangsmoment und Bremsverzögerung. Daher beauftragt er den Beschleunigungsmanager (Acceleration Request Manager, AccRM) damit, eine Standardaufteilung der geforderten Beschleunigung auf Vortrieb und Bremse durchzuführen. Diese ergibt ein Getriebeausgangsmoment von 160Nm und keine Verzögerung.
- Anschließend wird Das Plugin mit der ID2 aufgerufen. Das Beschleunigungspedal ermittelt eine gewünschte Beschleunigung von $1,2 \text{ m/s}^2$ durch die Fahrervorgabe am Fahrpedal. Die Aufteilung auf Vortrieb und Bremse erledigt dies Plugin jedoch selber über das API des Kriterienkoordinators und gibt einen Vortriebswunsch von 170Nm und keine Verzögerung an den Koordinator zurück.
- Das dritte Plugin Standardfahrpedal wird nicht aufgerufen. Im vorherigen Schritt (Festlegen der Optimierungskriterien) wurde als aktuelles Optimierungskriterium „Sport“ festgestellt. Bei diesem Optimierungskriterium wird in der Fahrerwunschinterpretation anstelle des Standardfahrpedals in diesem Beispiel das Beschleunigungspedal aufgerufen, das Standardpedal wird nicht benötigt.
- Abschließend wählt der Koordinator das Plugin mit der ID2 als Gewinner aus, da dessen Forderung den höchsten Betrag hatte. Außerdem teilt er allen Plugins mit, daß das Plugin mit der ID2 gewonnen hat mit einer Forderung von 170Nm Getriebeausgangsmoment und keiner Verzögerung. Daraus kann der Fahrgeschwindigkeitsregler erkennen, daß sein Vorschlag durch ein anderes Plugin überstimmt wurde und dementsprechend reagieren (z.B. Festhalten des I-Anteils oder Deaktivierung)

Priorisierung:

- Grundsätzlich werden nur die Kriterien herangezogen, die zum aktuellen Optimierungskriterium „passen“; die eigentliche „Priorisierung“ erfolgt in einem zweistufigen Verfahren:
- In einer ersten (applizierbaren) Tabelle wird für die Kriterien eine Reihenfolge festgelegt, nach der sie befragt werden. Sobald ein Wunsch erkannt wird, bricht das Verfahren ab. Für einige Kriterien reicht diese einfache Priorisierung aus (z.B. bei einer Anforderung des Bremspedals, FGR und Fahrpedal brauchen dann nicht mehr befragt werden)
- Falls im ersten Schritt kein Wunsch ermittelt werden kann, wird in einem zweiten Schritt eine Maximalauswahl des Vortriebsmomentenwunsches aller in einer zweiten (ebenfalls applizierbaren) Tabelle verzeichneten Anforderer durchgeführt, sofern es mind. einen negativen Momentenwunsch gibt, wird der kleinste negative Wunsch ausgewählt, ansonsten der größte positive Momentenwunsch
- Der „Gewinner“ wird veröffentlicht.

SF 15.05.2001

11

©2001 Alle Rechte bei Asset Automotive Systems and Engineering Technology GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis wie Kopier- und Weitergaberecht, bei einer

- Die Priorisierung der Fahrerwunschinterpretation ist eine Erweiterung des linearen Verfahrens:
- Aus der Menge aller PlugIns, die einen Vorschlag zur Fahrerwunschinterpretation machen können, werden nur die ausgewählt, deren Vorschlag zum aktuellen Optimierungskriterium paßt. So kann z.B. je nach Optimierung ein „normales“ Fahrpedal gegen ein „sportliches“ Fahrpedal ausgetauscht werden.
- Anschließend erfolgt eine lineare Priorisierung all derjenigen PlugIns, für die eine feste Rangfolge festgelegt werden kann. Dies kann beispielsweise für ein Bremspedal geschehen, da bei der Betätigung der Bremse FGR und Fahrpedal inaktiv sein müssen (allerdings nur bedingt, s. Bretttest). Wenn in dieser Phase ein Plugin aktiv wird, bricht das Verfahren entsprechend der linearen Priorisierung ab.
- Wird jedoch kein Plugin aktiv, so werden alle weiteren PlugIns, die sich nicht in eine feste Rangfolge ordnen lassen, aufgerufen. Die Priorisierung erfolgt dann aus der Menge aller Vorschläge durch eine Maximalauswahl.

Schnittstelle:

Aufruf: Crit_Get_DriveProp()

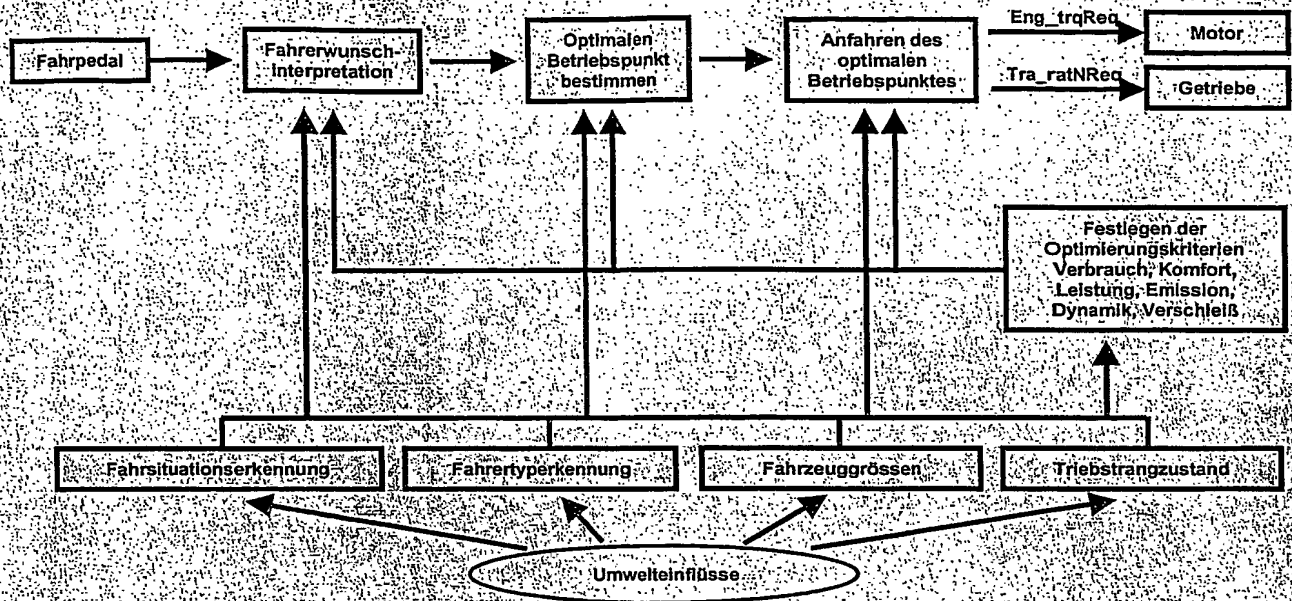
Return: Summenbeschleunigung a_{Summe} oder
Vortriebsmoment M_{Vortrieb} und Bremsbeschleunigung a_{Brems}
zusätzlich Anforderungs-Typ

z.B. 0 = „Inaktiv, keine Anforderung“
1 = Anforderung besteht aus M_{Vortrieb} und a_{Brems}
2 = Anforderung ist a_{Summe}

- Als Schnittstelle stehen den Plugins im Gegensatz zum Vortriebs- und Bremskoordinator zwei Alternativen zur Verfügung. Sie können entweder Getriebeausgangsmoment und Bremsverzögerung oder eine Summenbeschleunigung fordern. Wird von einem Plugin eine Summenbeschleunigung angefordert, kann der Koordinator selber entscheiden, wie er diese auf Vortrieb und Bremse aufteilen will (mittels des Beschleunigungskordinators).
- Um zum einen das Erkennen keines Vortriebswunsches (Plugin ist inaktiv) zu erleichtern (0Nm ist ein definitiver Vortriebswunsch und eignet sich daher nicht zur Kennzeichnung von „kein Wunsch“) und zum anderen die verwendete Schnittstellenalternative anzuzeigen, wird vom Plugin zusätzlich der Anforderungstyp vorgegeben.

Koordinierte Antriebsstrangsteuerung Optimalen Betriebspunkt bestimmen

asset
Bosch Gruppe



SF 15.05.2001

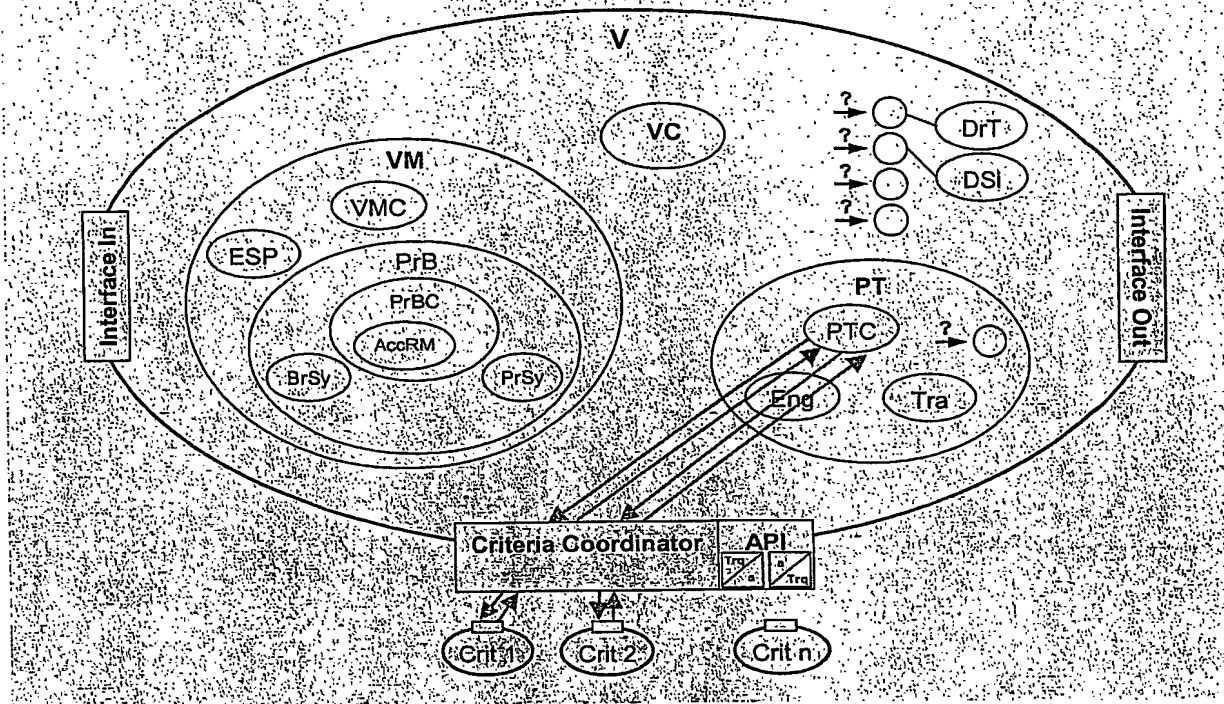
13

©2001 Alle Rechte bei Asset Automotive Systems and Engineering Technology GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

- Die Fahrerwunschinterpretation liefert als Ergebnis ein Getriebeausgangsmoment, daß vom Antriebsstrang zur Verfügung gestellt werden soll (hinzu kommt noch die benötigte Nebenaggregateleistung). Hierfür muß nun ein optimaler Betriebspunkt bestimmt werden, wobei sich „optimal“ am ausgewählten Optimierungskriterium orientieren sollte.
- Ein Betriebspunkt ergibt sich in einem konventionellen Antriebsstrang aus dem Motormomentmoment und der Übersetzung des Getriebes, da sich die Motordrehzahl bei gegebener Fahrzeuggeschwindigkeit direkt daraus berechnen läßt. Für zukünftige Konzepte ergeben sich durch den Einbau weiterer Aggregate evtl. noch weitere Freiheitsgrade (z.B. E-Maschine im 4-Quadranten-Betrieb).

Koordinierte Antriebsstrangsteuerung Optimalen Betriebspunkt bestimmen

asset
Bosch Gruppe



SF 15.05.2001

14

©2001 Alle Rechte bei Asset Automotive Systems and Engineering Technology GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

- Die Bestimmung des optimalen Betriebspunktes wird vom Antriebsstrangkoordinator (Powertrain Coordinator, PTC) verwaltet. Dieser kommuniziert in üblicher Weise mit den PlugIn's über den Kriterienkoordinator.

Koordinierte Antriebstrangsteuerung Optimalen Betriebspunkt bestimmen

asset
Bosch Gruppe

Ablauf:

```
PTC: CC_Get_OpPointProp(ID1, 180 Nm)
CC: Crit1_Get_OpPointProp(180 Nm)
Crit1: return(None)
CC: return(None)
```

```
PTC: CC_Get_OpPointProp(ID2, 180 Nm)
CC: Crit2_Get_OpPointProp(180 Nm)
Crit2: return(120 Nm, 0.666)
CC: return(120 Nm, 0.666)
```

Beispiel:

```
Crit1: Sport, fordert einen Betriebspunkt mit hoher Momentenreserve
Crit2: Hill, fordert einen Betriebspunkt mit höherer Motordrehzahl,
       wenn die Fahrsituation Berg aktiv ist
Crit3: Eco, fordert einen besonders Treibstoffsparenden Betriebspunkt
```

SF 15.05.2001

15

©2001 Alle Rechte bei Asset Automotive Systems and Engineering Technology GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns

- Der Ablauf zur Bestimmung des optimalen Betriebspunktes erfolgt wieder nach dem Schema lineare Priorisierung. Als Beispiel sind drei PlugIn's mit den Aufgaben Sport, Berg und Ökonomisch dargestellt.

Koordinierte Antriebstrangsteuerung Optimalen Betriebspunkt bestimmen

asset
Bosch Gruppe

Priorisierung:

- Es werden nur die Kriterien herangezogen, die zum aktuellen Optimierungskriterium „passen“ (eine applizierbare Tabelle mit allen „passenden“ Kriterien für jedes Optimierungskriterium).
- Für die Kriterien wird eine Reihenfolge festgelegt, nach der sie befragt werden (ebenfalls in der Tabelle, s.o.). Das Kriterium mit der höchsten Priorität wird zuerst befragt. Wenn es nicht aktiv ist, wird das nächste befragt usw., bis das erste aktive Kriterium gefunden ist, danach bricht das Verfahren ab.
- Der „Gewinner“ wird veröffentlicht.

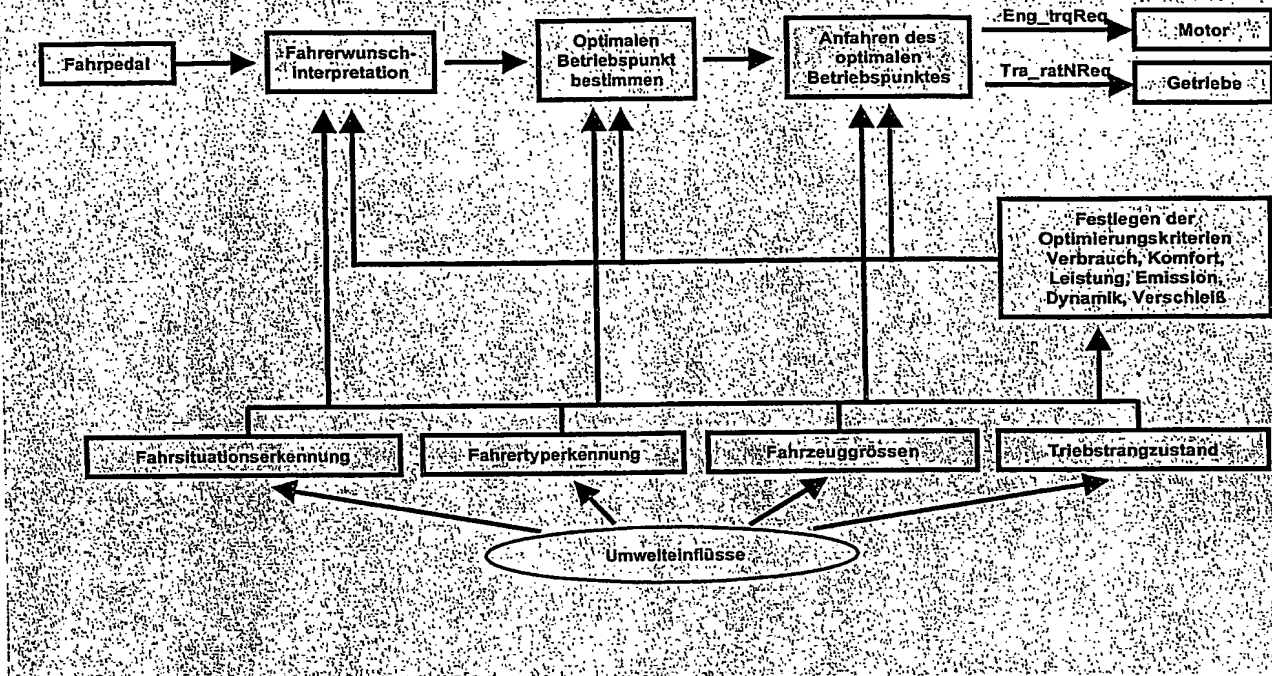
Schnittstelle:

Aufruf: Crit_Get_OpPointProp(Getriebeausgangsmoment)
Return: Motorausgangsmoment, Übersetzung

- Besonders zu erwähnen bleibt nur der Aufruf der PlugIn's, bei dem das Sollgetriebeausgangsmoment als Parameter mit übergeben wird, damit die PlugIn's wissen, für welche Momentenforderung ein ihrer Aufgabe nach optimaler Vorschlag abgefragt wird.

Koordinierte Antriebsstrangsteuerung Anfahren des optimalen Betriebspunktes

asset
Bosch Gruppe



SF 15.05.2001

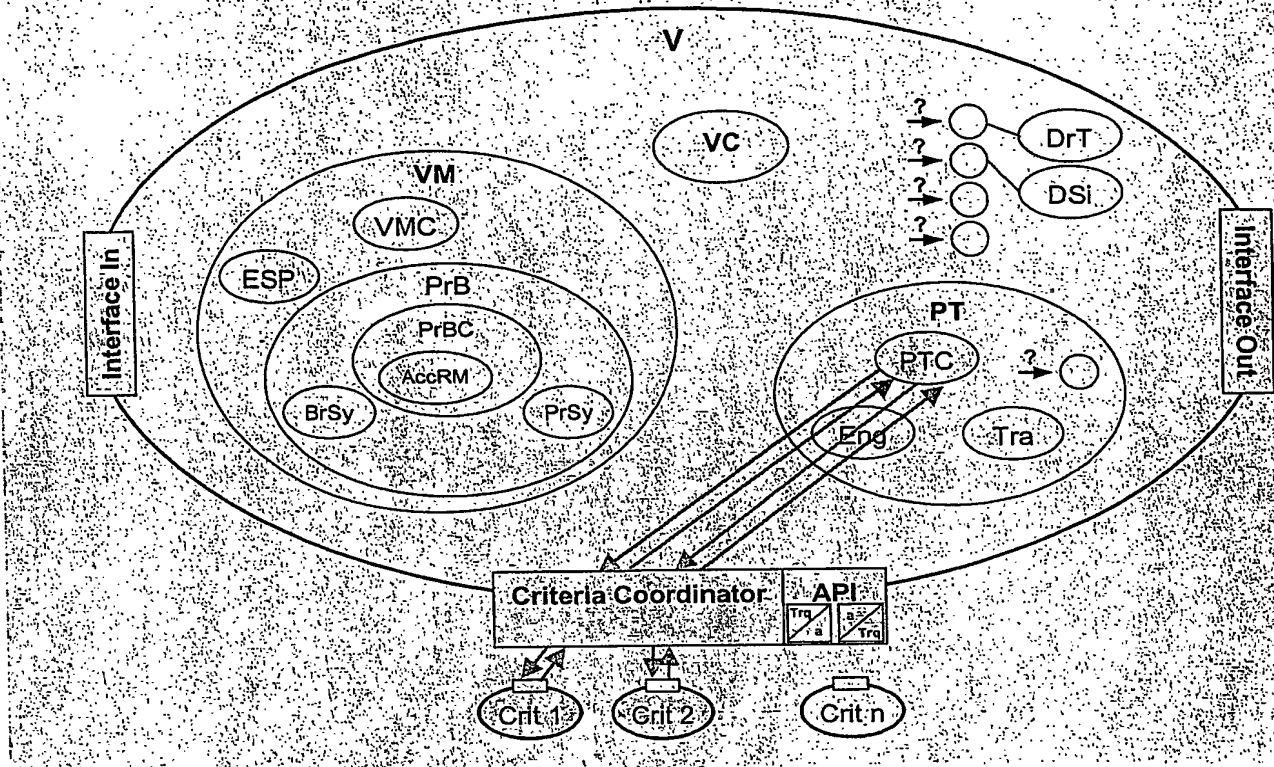
17

©2001 Alle Rechte bei Asset Automotive Systems and Engineering Technology GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns

- Die letzte Aufgabe der koordinierten Antriebsstrangsteuerung ist das Anfahren des optimalen Betriebspunktes. Der aktuelle und der neue optimale Betriebspunkt können unter Umständen relativ weit „auseinander“ liegen (z.B. wenn der Fahrer plötzlich ins Fahrpedal tritt). Um Fahrbarkeit, Komfort, Sicherheit und Aggregateschutz zu gewährleisten ist es daher häufig sinnvoll, keinen abrupten Übergang (so schnell wie möglich) zuzulassen, sondern den neuen Betriebspunkt gedämpft anzufahren.

Koordinierte Antriebsstrangsteuerung Anfahren des optimalen Betriebspunktes

asset
Bosch Gruppe



SF 15.05.2001

18

©2001 Alle Rechte bei Asset Automotive Systems and Engineering Technology GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Weitergaberecht, bei uns.

- Das Anfahren des optimalen Betriebspunktes wird gemeinsam mit dem Bestimmen des optimalen Betriebspunktes vom Antriebsstrangkoordinator (Powertrain Coordinator, PTC) verwaltet. Dieser kommuniziert in üblicher Weise mit den PlugIn's über den Kriterienkoordinator.
- Das abschließend ermittelte Ergebnis wird vom Antriebsstrangkoordinator an die Komponenten Motor und Getriebe zur Ausführung weitergegeben.

Koordinierte Antriebstrangsteuerung Anfahren des optimalen Betriebspunktes

asset
Bosch Gruppe

Ablauf:

PTC: CC_Get_OpPointGrad(ID1)
CC: Crit1_Get_OpPointGrad()
Crit1: return(None)
CC: return(None)

PTC: CC_Get_OpPointGrad(ID2)
CC: Crit2_Get_OpPointGrad()
Crit2: return(None)
CC: return(None)

Beispiel:

Crit1: Kurve, verhindert eine Änderung des Triebstrangzustandes in Grenzsituationen

Crit2: Winter, verhindert schnelle Radmomentensprünge auf glatter Fahrbahn

Crit3: Bergab, verhindert zu große Übersetzungen zur Ausnutzung des Motorschleppmoments

- Der Ablauf zum Anfahren des optimalen Betriebspunktes basiert wieder auf dem linearen Priorisierungsverfahren. Als Beispiel sind die Plugin's Kurve, Winter und Berg ab dargestellt.

Priorisierung:

- Es werden nur die Kriterien herangezogen, die zum aktuellen „Gewinner“ der Betriebspunktermittlung „passen“ (eine applizierbare Tabelle mit allen „passenden“ Kriterien für jedes Betriebspunktkriterium).
- Für die Kriterien wird eine Reihenfolge festgelegt, nach der sie befragt werden (ebenfalls in der Tabelle, s.o.). Das Kriterium mit der höchsten Priorität wird zuerst befragt. Wenn es nicht aktiv ist, wird das nächste befragt usw. bis das erste aktive Kriterium gefunden ist, danach bricht das Verfahren ab.

(Eine weitere Möglichkeit ergibt sich, indem eine Max- oder Min-Auswahl aus allen Anforderern durchgeführt wird.)

Schnittstelle:

Aufruf: Crit_Get_OpPointGrad()

Return: Gradientenbegrenzung, z.B. in Form von Filterparametern, Min- und Max-Werten für Motormomenten- und Übersetzungsverstellung

- Das Priorisierungsverfahren zum Anfahren des optimalen Betriebspunktes unterscheidet sich vom linearen Priorisierungsverfahren darin, daß es nicht ein Plugin geben muß, das auch tatsächlich einen Vorschlag macht, alle Plugin's können „None“ zurückgeben, was dann als „so schnell wie möglich“ Anfahren des neuen Betriebspunktes interpretiert wird.
- Die Schnittstelle für die Vorgaben der Plugin's kann recht vielfältig ausfallen. Denkbar sind Gradientenbegrenzungen, Filterparameter oder absolute Grenzen für Motormoment und Übersetzung.

Festlegen der Optimierungskriterien

Aufruf: Crit_Get_VehOpt()

Return: Ein Element der Menge {Sport, Winter, Normalfahrt, Eco, ...}

Fahrpedalinterpretation

Aufruf: Crit_Get_DriveProp()

Return: Summenbeschleunigung oder
Vortriebsmoment und Bremsbeschleunigung
Anforderungs-Typ

Optimalen Betriebspunkt bestimmen

Aufruf: Crit_Get_OpPointProp(Getriebeausgangsmoment)

Return: Motorausgangsmoment und Übersetzung

Anfahren des optimalen Betriebspunktes

Aufruf: Crit_Get_OpPointGrad()

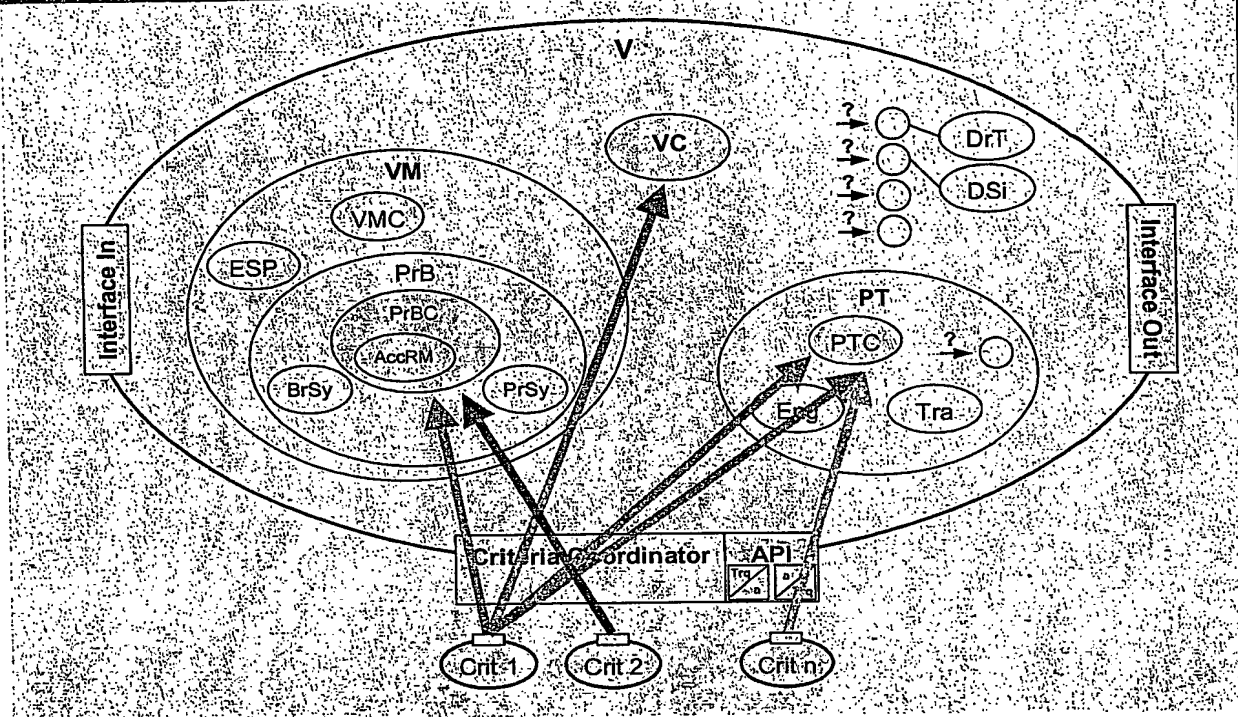
Return: Gradientenbegrenzung, z.B. in Form von Filterparametern, Min-
und Max-Werten für Motordrehzahl- und Übersetzungsverstellung

- Zusammenfassung aller möglichen Schnittstellen eines PlugIn entsprechend der vier identifizierten Aufgaben der koordinierten Antriebsstrangsteuerung.

-37-

Koordinierte Antriebstrangsteuerung Einfluß eines einzelnen PlugIn

asset
Bosch Gruppe



SF 15.05.2001

22

©2001 Alle Rechte bei Asset Automotive Systems and Engineering Technology GmbH, auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen. Jede Verfügungsbefugnis, wie Kopier- und Vervielfältigungsrecht, bei uns

- Entsprechend der zugeteilten Aufgaben können einzelne PlugIn's eine, mehrere oder alle Schnittstellen benutzen. Die hier verwendeten Farben passen zum Beispiel auf der nächsten Seite.

Koordinierte Antriebstrangsteuerung Einfluß eines einzelnen PlugIn. Beispiele

asset
Bosch Gruppe

- **Sport**
 - Anforderung sportliche Fahrzeugoptimierung
 - Anforderung sportliche Fahrpedalinterpretation durch andere Pedalkennlinie und weniger Lastschlagdämpfung
 - Anforderung sportliche Übersetzungswahl mit hoher Momentenreserve durch höhere Drehzahl
 - Anforderung sportliche Übersetzungsverstellung (schnell anstatt komfortabel für möglichst hohe Beschleunigung)
- **Kriechen**
 - Veränderte Fahrpedalinterpretation mit Bremseingriff, um möglichst einfaches Einparken zu ermöglichen
- **Kurve**
 - Verhinderung von Übersetzungsverstellungen bei Kurvenfahrt im Grenzbereich

- Beispiel für drei mögliche PlugIn's. Entsprechend der ihnen aus Produktsicht zugedachten Aufgaben nutzen sie unterschiedliche Schnittstellen (s. auch vorherige Seite).

Jedes Fahrzeugsystem, in das in der vorgestellten Art und Weise nachträglich Programme eingefügt werden können, muß einen Mechanismus in ähnlicher Art und Weise besitzen. Zur Zeit findet dies aus Sicherheitsgründen nicht im bereits ausgelieferten Fahrzeug durch den Endkunden oder die Werkstatt statt, sondern vor der Programmerzeugung bei der Konfiguration durch den Steuergerätehersteller, was die Nachweisbarkeit sehr schwierig macht. Erschwerend kommt hinzu, daß inhaltlich auch andere Verfahren eingesetzt werden können, um nach außen sichtbar den gleichen Effekt und ähnliche Vorteile zu erzielen.

LITERATUR:

- [1]: Gölzer, T., Leonhard, R.: A New Architecture for Car Electronics. ATA-EL International Symposium on Vehicle Electronics Integration, Turin, April 8-9, 1991.
- [2]: Bertram, T., Schröder, W., Dominke, P., Volkart, A.: CARTRONIC – ein Ordnungskonzept für die Steuerungs- und Regelungssysteme in Kraftfahrzeugen. Systemengineering in der KFZ-Entwicklung. VDI-Berichte 1374, S. 369-398, 1997.
- [3]: Hesse, U., Hohl, R., Schmitt, M.: Thermomanagement. 18. VDI/VW Gemeinschaftstagung „Technologien um das 3-Liter-Auto“, Braunschweig, 16.-18. November 1999.
- [4]: Melzer, F., Hesse, U., Rocklage, G., Schmitt, M.: Thermomanagement. SAE Paper 1999-01-0238, Detroit, März 1999.
- [5]: Bürger, K., Harms, K., Kallenbach, R.: Elektronische Systeme im Kraftfahrzeug – Perspektiven für das nächste Jahrzehnt. ATZ/MTZ Sonderausgabe Automotive Electronics 01/2000.
- [6]: Kallenbach, R., Kind, W.: Integriertes Antriebstrangmanagement für Kraftfahrzeuge. AVL Tagung „Motor und Umwelt“, Graz, 2000.
- [7]: Torre Flores, P., Schirmer, J., Walther, M.: UML-modelling of automobile electronic components based on the ordering concept for vehicle control systems CARTRONIC. In: ERA Report 20000-0225, Vehicle Electronic Systems 2000 European Conference, Stratford-upon-Avon, 29-30. Juni 2000.
- [8]: Mencher, B., Jessen, H., Kaiser, L., Gerhardt, J.: Preparing for CARTRONIC – Interface and New Strategies for Torque Coordination and Conversion in a Spark Ignition Engine-Management System. SAE Paper 2001-01-0268, Detroit, März 2001.
- [9]: Löffler, J., Hülser, H., Schiller, K., Schmitt, M.: CARTRONIC System Architecture for Energy and Powertrain Management. 3rd IFAC Workshop „Advances in Automotive Control“, Karlsruhe, 28-30. März 2001.
- [10]: Knoll, P., Winner, H., Kallenbach, R.: Surround Sensing – Collision Warning Systems – Vehicle Guidance. ATA Vol. 54 No. 11/12, 2001.
- [11]: Lapp, A., Torre Flores, P., Kraft, D., Hermsen, W., Bertram, T., Petersen, J.: Softwareentwicklung für Steuergeräte im Systemverbund – von der CARTRONIC Domänenstruktur zum Steuergerätecode. In: VDI-Bericht NR. 1464, S. 249-276, 2001.
- [12]: Pesch, M., Gröter, H.-P., Kallenbach, R., Kind, W., Jünemann, Th. Mauel, I.: Enhanced Energy and Powertrain Management using an Integrated Startergenerator. Haus der Technik Tagung „Optimierung des Antriebsstranges im Kraftfahrzeug durch den Einsatz des Integrierten Starter Generators (ISG)“, München, 12.-13. März 2002.

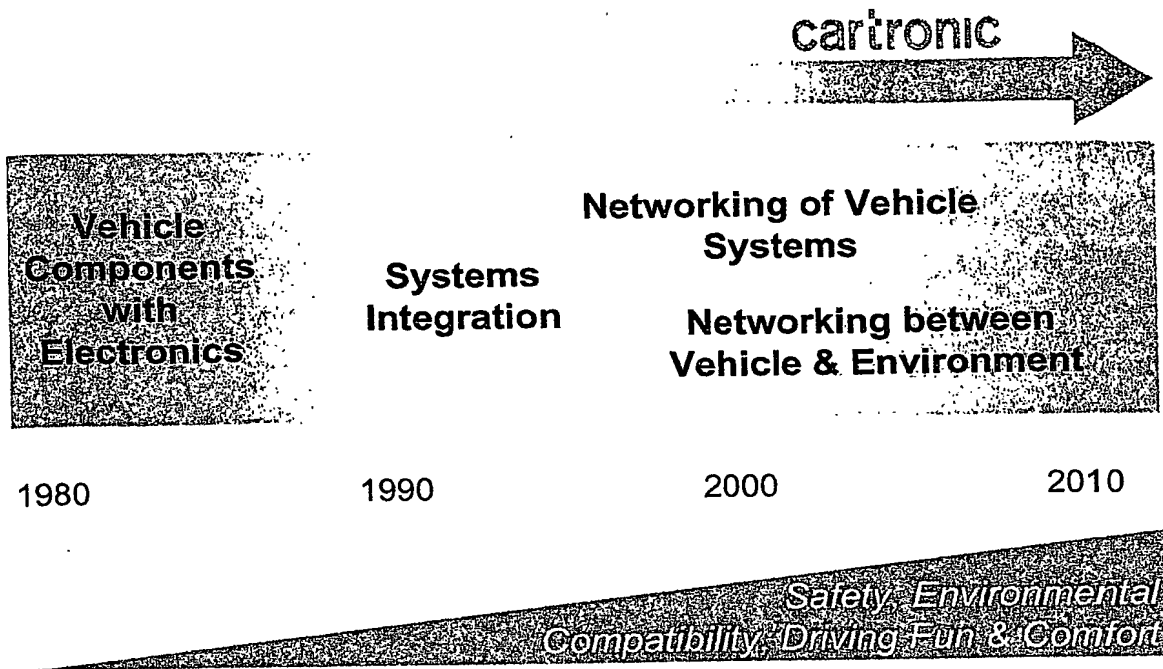


Abb. 1: Trend zur Vernetzung aller Fahrzeugsysteme

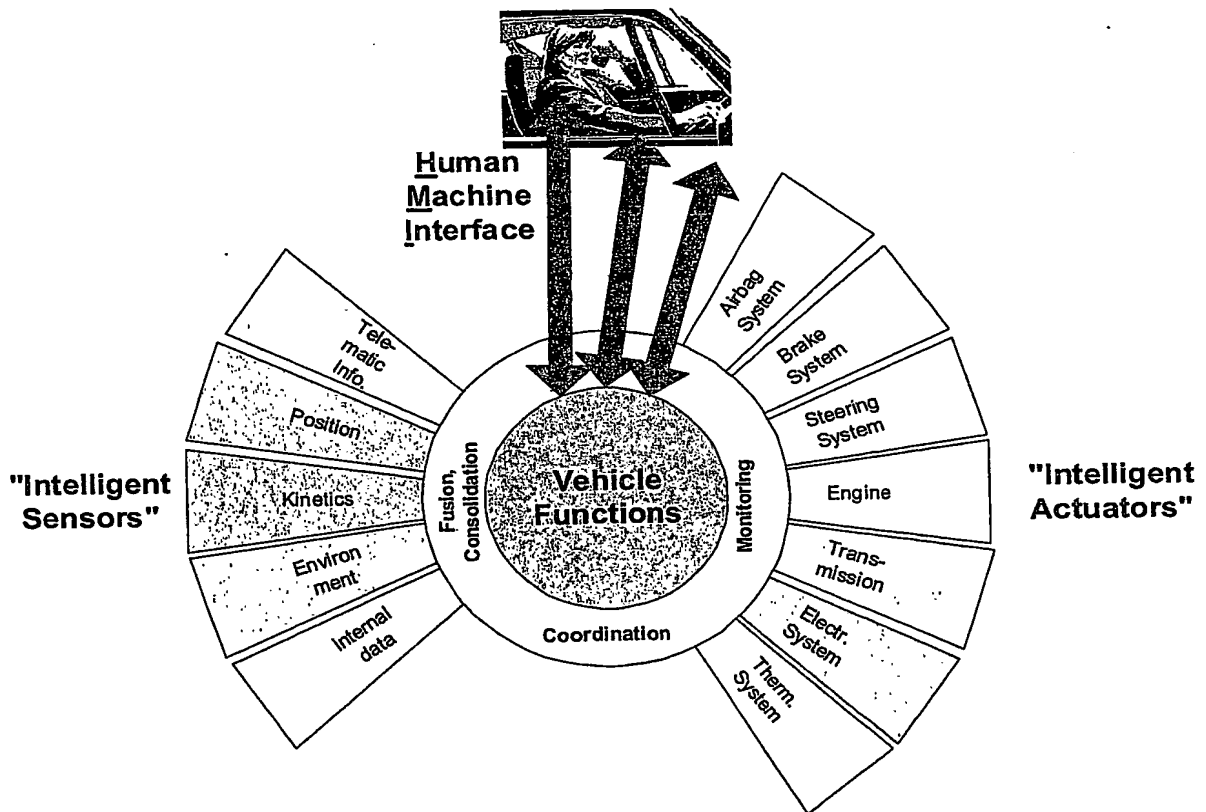


Abb. 2: Vision: Das „intelligente“ Fahrzeug der Zukunft

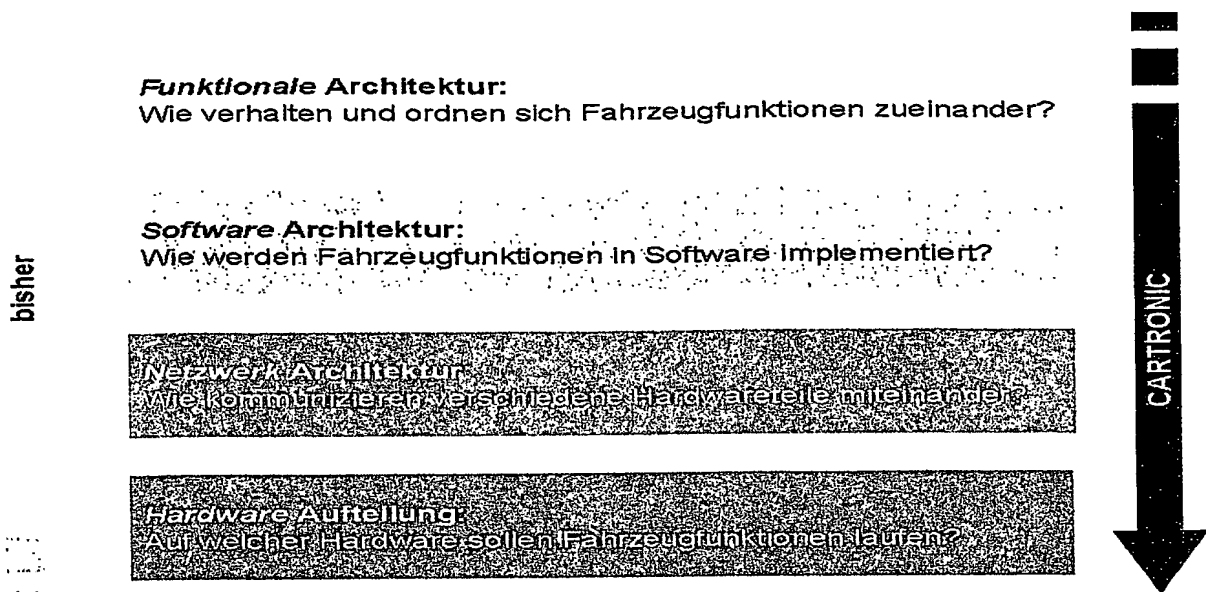


Abb. 3: CARTRONIC basierter Entwicklungsprozess

Physical "orders" and "requests" as interfaces

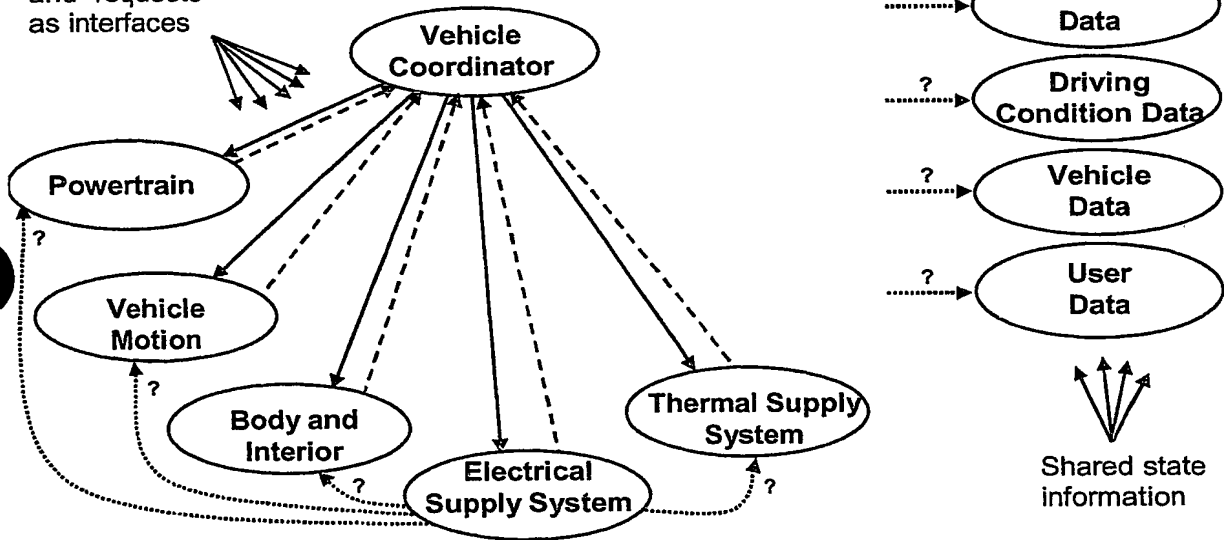


Abb. 4: CARTRONIC Funktionsarchitektur

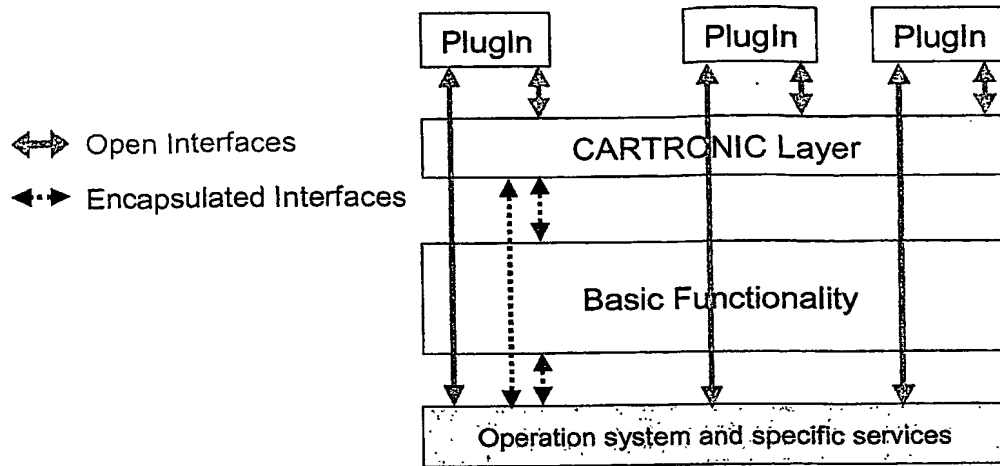


Abb. 5: CARTRONIC Softwarearchitektur

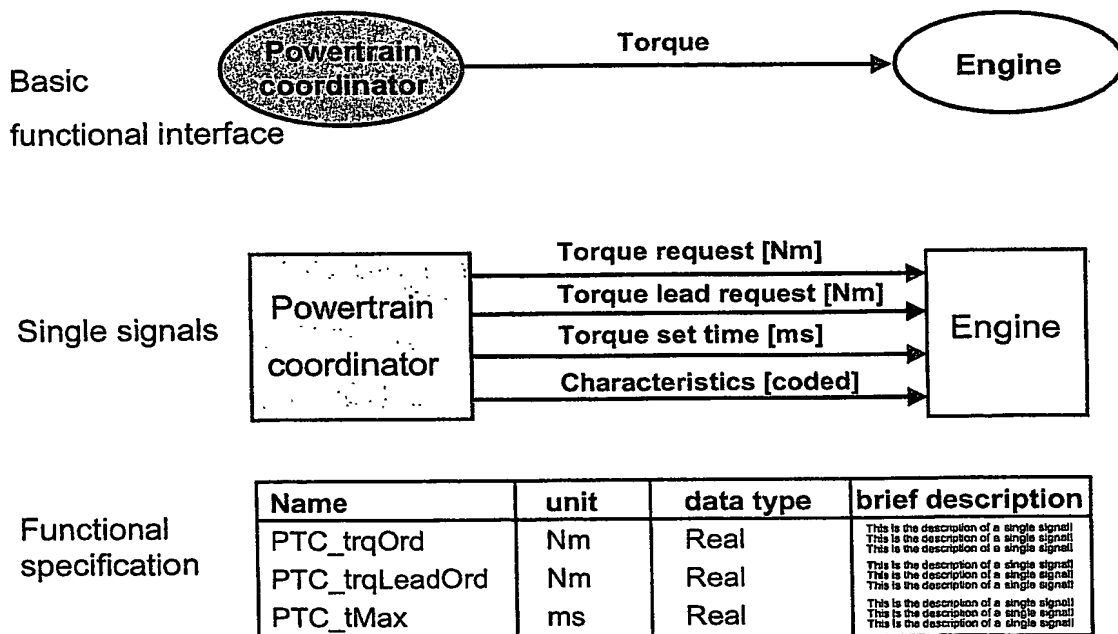


Abb. 6: CARTRONIC basierte Schnittstellen

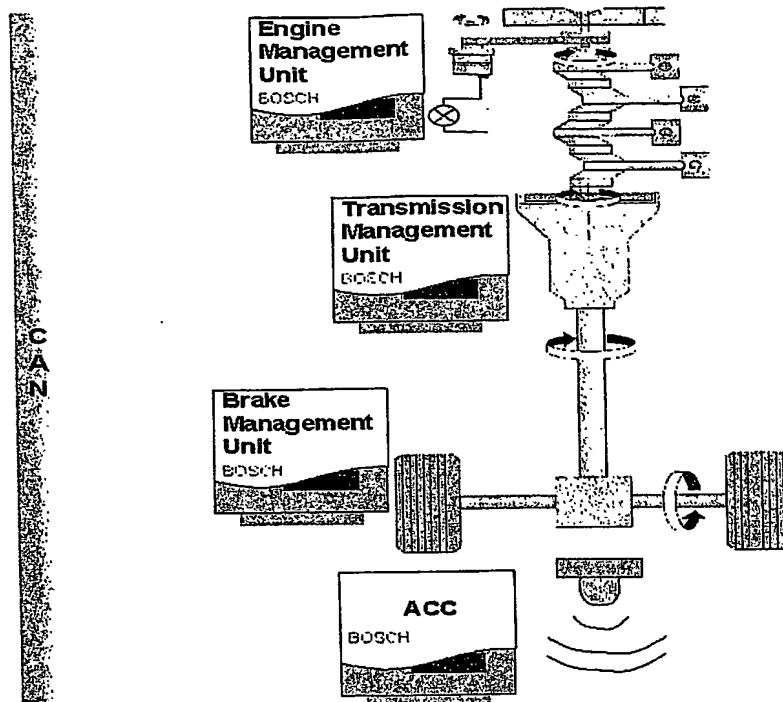


Abb. 7: Ausstattungsmerkmale des Versuchsträgers

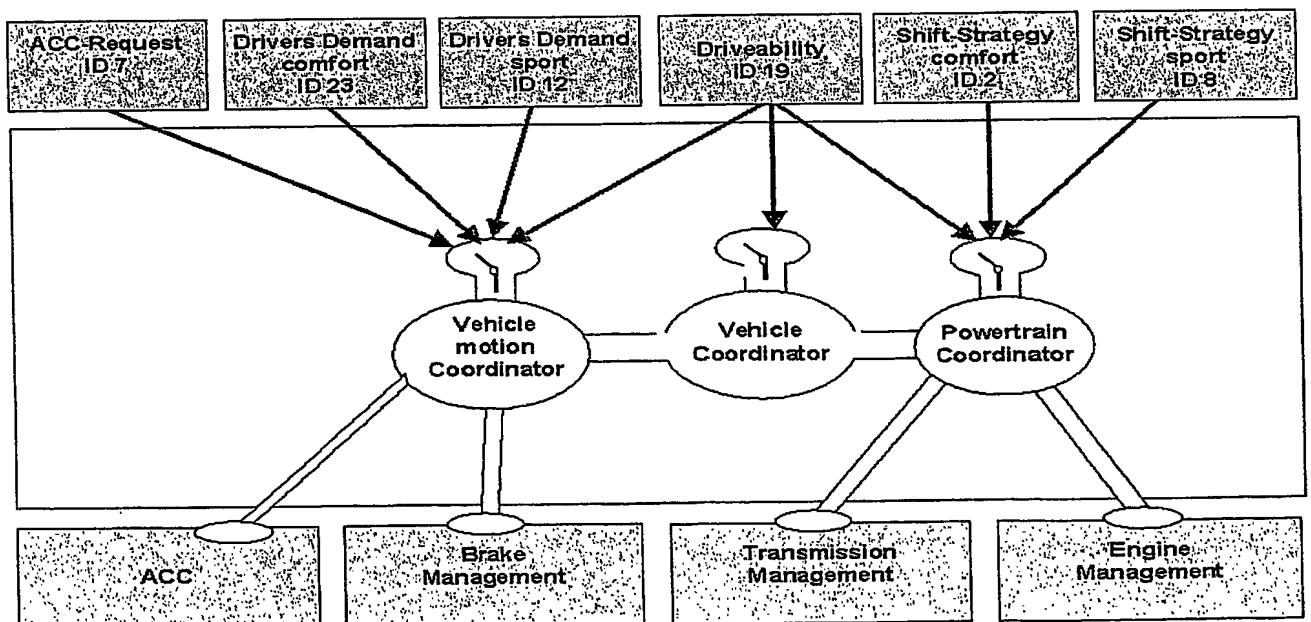


Abb. 8: Design nach CARTRONIC-Architektur

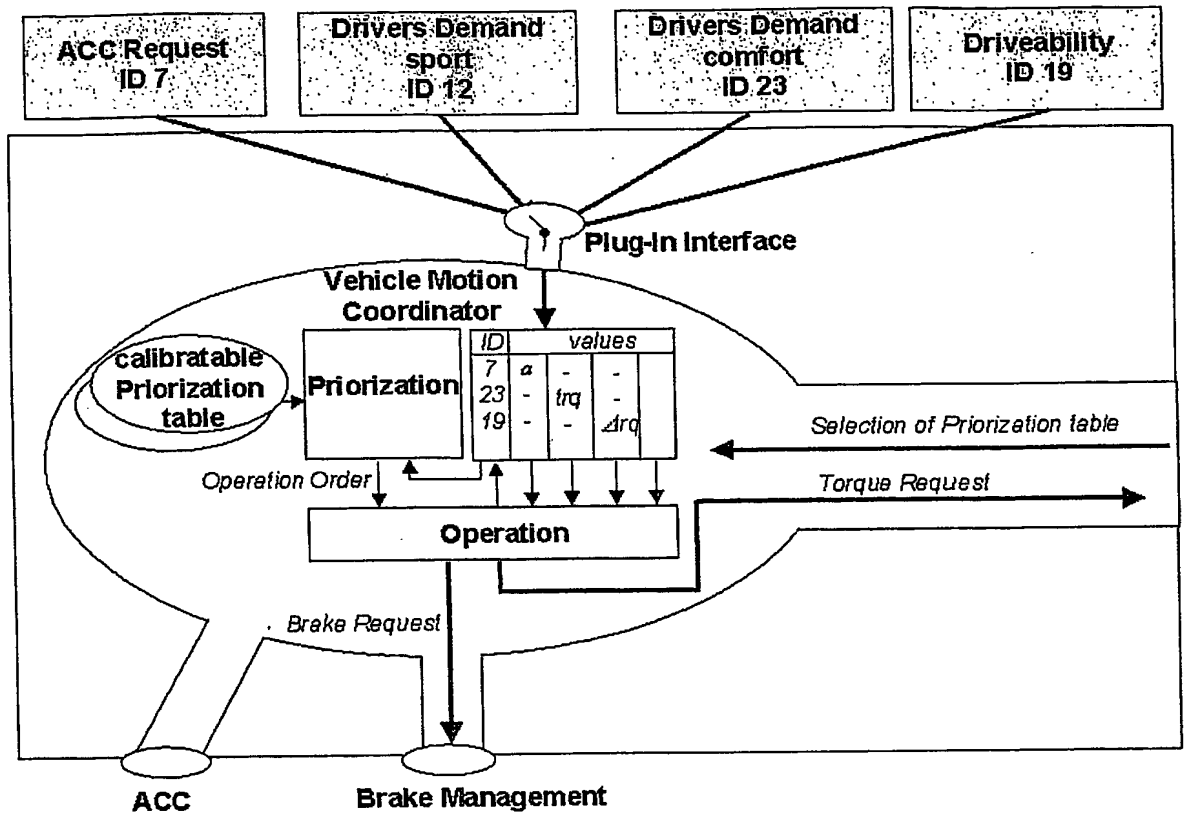


Abb. 9: Vehicle Motion Coordinator im „komfort“-Betrieb

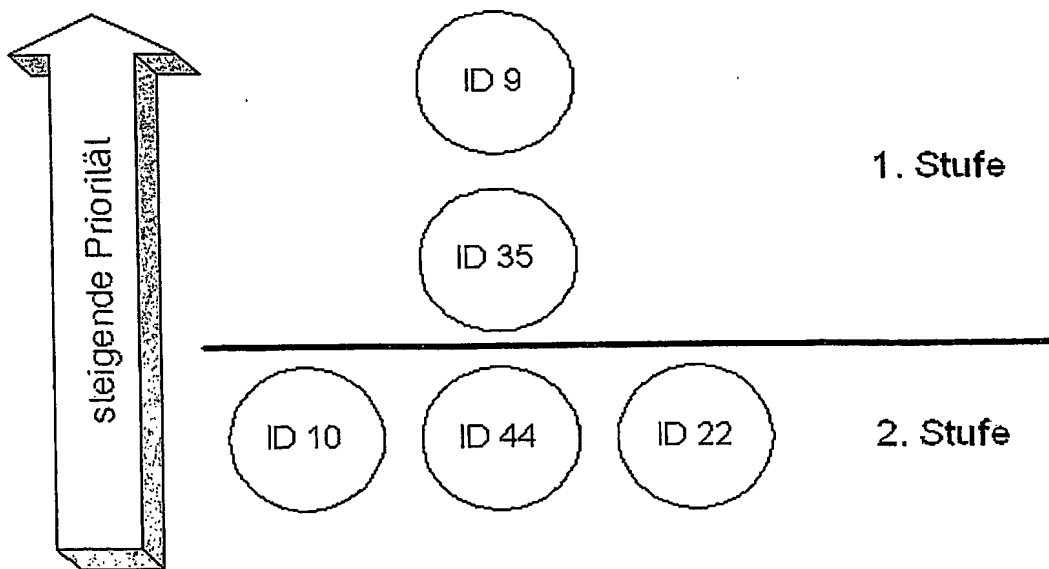


Abbildung 10 Prioritäten der Anforderer

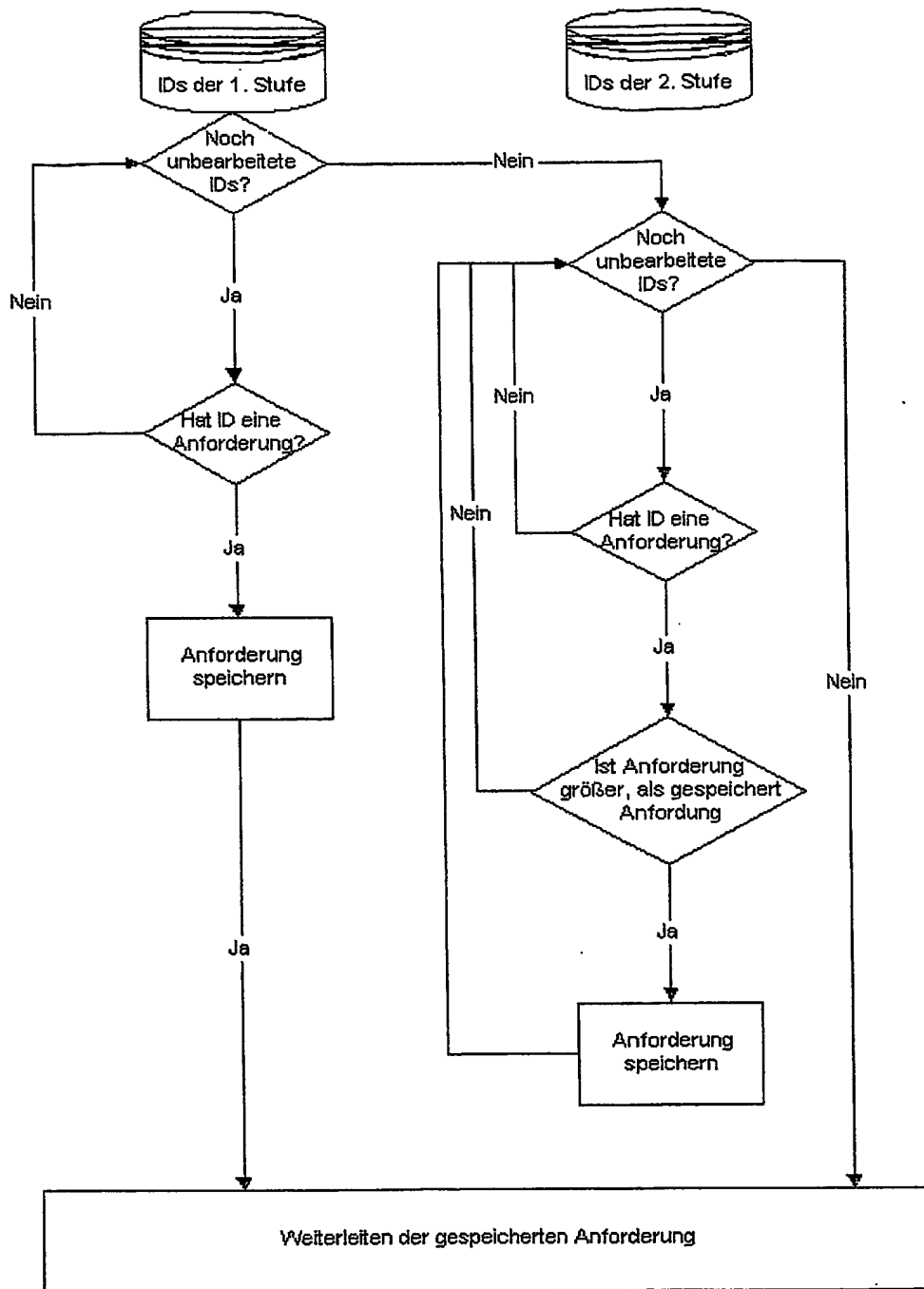


Abbildung 11: Beispiel eines Priorisierungsverfahren

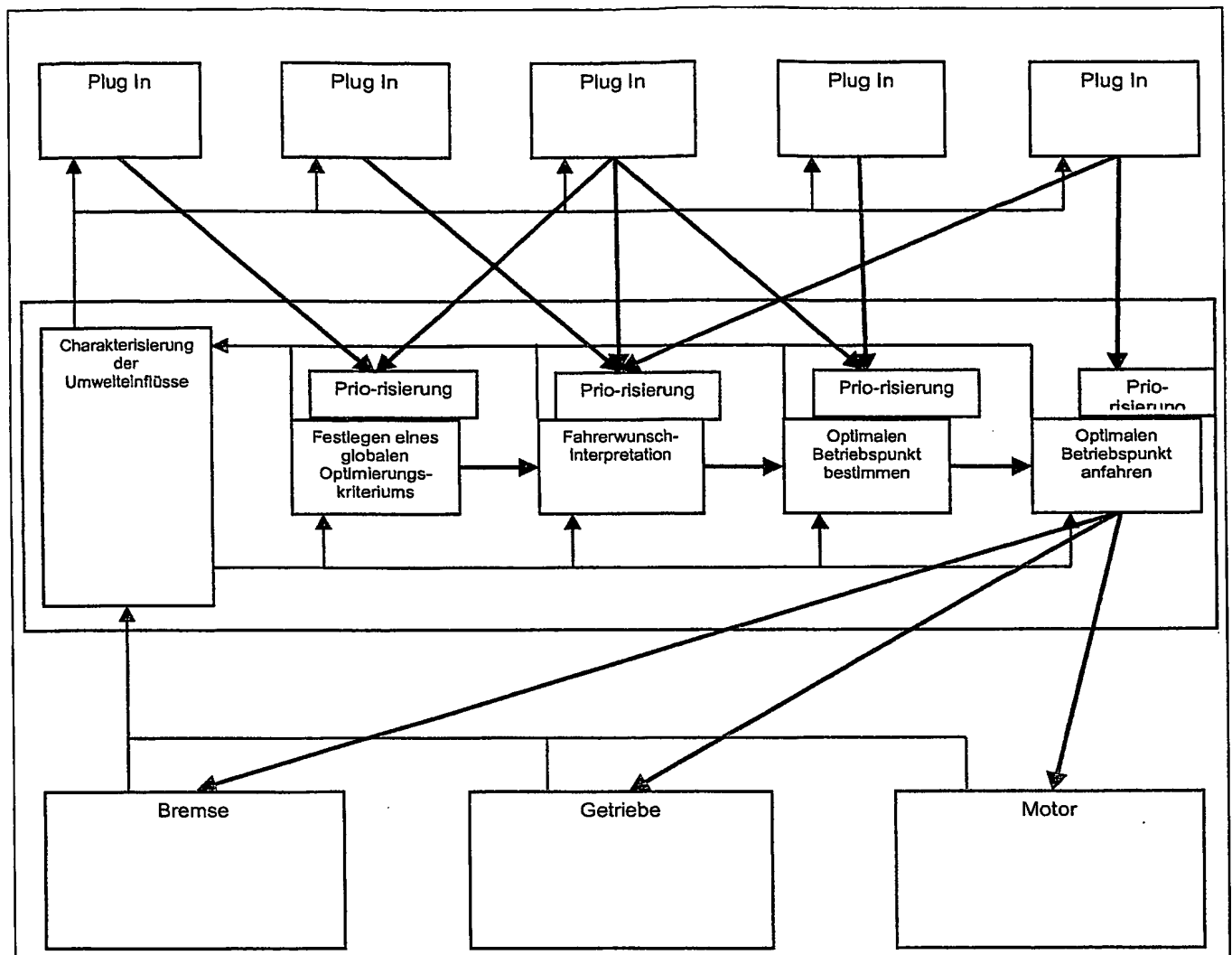


Abbildung 12

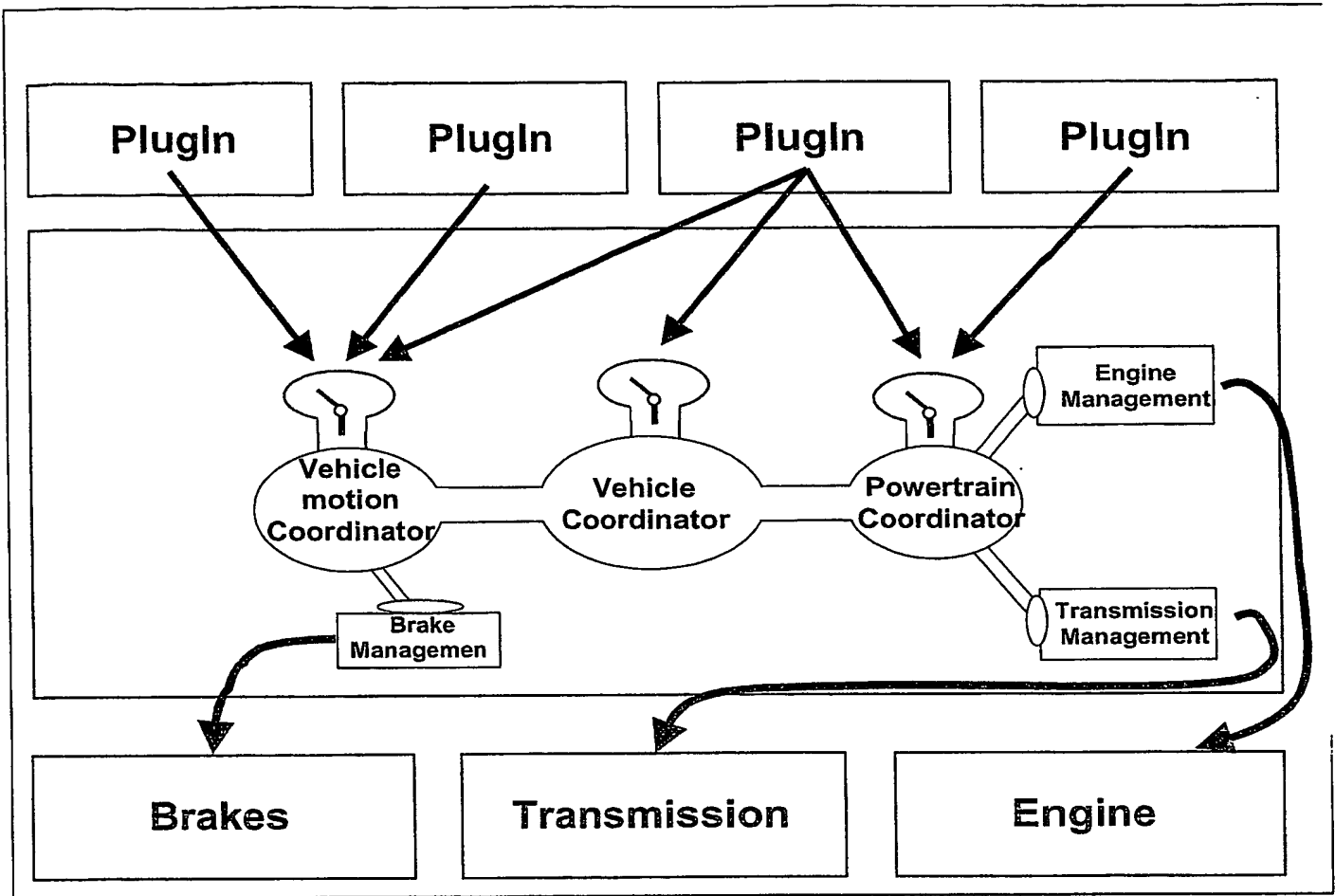


Abbildung 13

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.